



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS
Núcleo de Acústica, Iluminação, Componentes
e Instalações

Proc. 0809/01/18124

CENTRO COMERCIAL ÁQUA PORTIMÃO

**Avaliação experimental do desempenho do sistema
de ventilação e de controlo de fumo do parque
de estacionamento coberto**

Bouygues Imobiliária, S.A.

Lisboa • Abril de 2011

OAC&T EDIFÍCIOS

RELATÓRIO 144/2011 – NAICI

ÁQUA PORTIMÃO SHOPPING CENTRE
EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE PERFORMANCE OF THE SMOKE CONTROL
AND VENTILATION SYSTEM OF THE COVERED CAR PARK

CENTRE COMMERCIAL ÁQUA PORTIMÃO
EVALUATION EXPÉRIMENTALE DE LA PERFORMANCE DU SYSTÈME DE VENTILATION ET DE
CONTRÔLE DE LA FUMÉE DU PARC DE STATIONNEMENT COUVERT

CENTRO COMERCIAL ÁQUA PORTIMÃO
AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO
E DE CONTROLO DE FUMO DO PARQUE DE ESTACIONAMENTO COBERTO

RESUMO

A empresa Bouygues Imobiliária, S.A. solicitou ao LNEC um estudo sobre o desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo do parque de estacionamento coberto do Centro Comercial Água Portimão. Este estudo destina-se a verificar se o sistema de ventilação e de controlo de fumo proposto tem possibilidade de satisfazer às necessidades de segurança contra incêndio num empreendimento deste tipo. O sistema de ventilação baseia-se na utilização inovadora de ventiladores de impulso, suspensos no tecto do parque de estacionamento, para promover o escoamento do fumo para a periferia deste, onde é realizada a sua exaustão para o exterior através de ventiladores axiais.

Este relatório refere as conclusões da avaliação experimental do desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo de todo o parque de estacionamento.

CENTRO COMERCIAL ÁGUA PORTIMÃO
AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO
E DE CONTROLO DE FUMO DO PARQUE DE ESTACIONAMENTO COBERTO

ÍNDICE

	Pág.
1 INTRODUÇÃO	1
2 DOMÍNIO DO ESTUDO	3
3 METODOLOGIA	5
3.1 <i>Procedimentos</i>	5
3.2 <i>Documentação de referência do novo parque de estacionamento</i>	6
4 EFEMÉRIDES	7
5 DESCRIÇÃO DO PARQUE DE ESTACIONAMENTO	9
5.1 <i>Generalidades</i>	9
5.2 <i>Sistema de ventilação e de controlo de fumo</i>	9
6 ENSAIOS DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO E DE CONTROLO DE FUMO	13
6.1 <i>Zona -1.1 – Ensaio 16</i>	14
6.2 <i>Zona -1.2 – Ensaio 15</i>	16
6.3 <i>Zona -1.3 – Ensaio 14</i>	16
6.4 <i>Zona -1.4 – Ensaio 17</i>	18
6.5 <i>Zona -2.1 – Ensaio 8</i>	18
6.6 <i>Zona -2.2 – Ensaio 9</i>	21
6.7 <i>Zona -2.3 – Ensaio 10</i>	21
6.8 <i>Zona -2.4 – Ensaio 11</i>	23
6.9 <i>Zona -3.1A – Ensaio 3</i>	23
6.10 <i>Zona -3.1B – Ensaio 7</i>	25
6.11 <i>Zona -3.1C – Ensaio 4</i>	26
6.12 <i>Zona -3.2A – Ensaio 5</i>	27
6.13 <i>Zona -3.2B – Ensaio 6</i>	28
6.14 <i>Medição do caudal nos ventiladores de exaustão</i>	29
6.15 <i>Observação das condições de instalação do sistema</i>	30
6.16 <i>Ensaio de detecção de excesso de CO</i>	33
6.17 <i>Verificação das condições de controlo de fumo nos caminhos de evacuação</i>	33
7 CONCLUSÕES DOS ENSAIOS	35
BIBLIOGRAFIA	51

ÍNDICE DE QUADROS

	Pág.
Quadro I – Distribuição dos lugares de estacionamento.....	9
Quadro II – Ventiladores de exaustão/insuflação.....	10
Quadro III – Ventiladores de impulso	10
Quadro IV – Documentação de comprovação do desempenho ao fogo	35
Quadro V – Caudais de exaustão	40
Quadro VI – Pressurização das caixas de escada.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 16.....	15
Figura 2 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 16.....	15
Figura 3 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 15.....	16
Figura 4 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 15.....	17
Figura 5 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 14.....	17
Figura 6 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 14.....	18
Figura 7 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 17.....	19
Figura 8 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 17.....	19
Figura 9 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 8.....	20
Figura 10 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 8.....	20
Figura 11 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 9.....	21
Figura 12 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 9.....	22
Figura 13 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 10.....	22
Figura 14 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 10.....	23
Figura 15 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 11.....	24
Figura 16 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 11.....	24
Figura 17 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 3.....	25
Figura 18 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 7.....	26
Figura 19 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 4.....	27
Figura 20 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 5.....	28
Figura 21 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 5.....	29
Figura 22 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 6.....	30
Figura 23 – Medição da velocidade na exaustão.....	31
Figura 24 – Base da escada rolante atravessando o tecto de compartimento técnico.....	31
Figura 25 – Compartimentação corta-fogo incompleta.....	32
Figura 26 – Porta de homem com abertura impedida.....	32
Figura 27 – Interruptores de corte local expostos.....	33

CENTRO COMERCIAL ÁQUA PORTIMÃO
AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO
E DE CONTROLO DE FUMO DO PARQUE DE ESTACIONAMENTO COBERTO

1 INTRODUÇÃO

A empresa Bouygues Imobiliária, S.A. solicitou ao LNEC um estudo sobre o desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo do parque de estacionamento coberto do Centro Comercial Água Portimão. Este estudo destina-se a verificar se o sistema de ventilação e de controlo de fumo proposto tem possibilidade de satisfazer às necessidades de segurança contra incêndio num empreendimento deste tipo. O sistema de ventilação e de controlo de fumo baseia-se na utilização inovadora de ventiladores de impulso, suspensos no tecto do parque de estacionamento, para promover o escoamento do fumo para a respectiva periferia, onde é realizada a sua exaustão para o exterior através de ventiladores axiais. Neste sistema pretende-se dispensar a compartimentação do interior do parque. O sistema de ventilação e de controlo do fumo, sendo inovador, não cumpre as soluções técnicas especificadas no Regulamento de Segurança contra Incêndio em Parques de Estacionamento Cobertos [1], pelo que é objecto de um parecer de viabilidade de utilização emitido pelo LNEC em conformidade com o protocolo estabelecido entre o LNEC e a Autoridade Nacional de Protecção Civil, que constituiu objectivo deste estudo (ver secção 2).

O projecto do sistema de ventilação e de controlo de fumo foi realizado pelas firmas Rodrigues Gomes & Associados – Consultores de Engenharia, S.A..

O plano de trabalhos deste estudo, proposto pelo LNEC e aceite pela firma Bouygues Imobiliária, S.A., inclui uma análise documental e uma parte experimental, consistindo na verificação do funcionamento do sistema de controlo de fumo através da medição da velocidade do escoamento e da sua visualização com fonte de fumo.

Em relatório precedente [2] foram referidas as conclusões preliminares resultantes da análise do projecto.

Na continuação deste trabalho foram realizadas visitas pelos técnicos do LNEC, que decorreram nos dias 2011-02-17, 2011-03-02, 2011-03-03 e 2011-03-21, e tiveram por finalidade proceder à análise do desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo na sua configuração final. Este relatório refere as conclusões resultantes desta avaliação experimental, tendo as conclusões decorrentes dos ensaios finais ao sistema sido antecipadas através do parecer enviado por fax n.º 76 em 2011-04-05.

2 DOMÍNIO DO ESTUDO

As disposições construtivas a adoptar num parque de estacionamento coberto são objecto de regulamentação [1], onde se especifica, em particular, que os parques de estacionamento cobertos deverão ter o seu espaço compartimentado em sectores de áreas não superiores a 3000 m² ou a 6000 m², conforme os pisos se situem abaixo ou acima do de referência (art.º 9.º). Todavia, as técnicas de controlo de fumo neste tipo de espaços têm evoluído, sendo possível, em princípio, promover adequadamente o controlo de fumo com menos constrangimentos arquitectónicos, através da implementação de ventiladores de impulso, do que com as técnicas tradicionais que essa regulamentação prevê.

Através da utilização dos ventiladores de impulso visa-se eliminar a necessidade de adoptar compartimentação interna dos parques de estacionamento, com a qual se pretende evitar o escoamento do fumo para outros espaços, uma vez que esses ventiladores podem assegurar a acção necessária para o encaminhar para os meios de exaustão, reduzir a sua opacidade e a temperatura na zona sinistrada e evitar o seu escoamento para outras zonas. Todavia, devem existir condições para uma pronta intervenção dos bombeiros de forma a que se tire partido das boas condições ambientais, que se pretende obter com a implementação deste tipo de sistemas, para combater o incêndio com rapidez e eficácia, tornando assim menos relevante a função de contenção do incêndio exercida pela compartimentação resistente ao fogo.

Constituindo este um processo inovador, em relação ao qual não existem especificações oficiais nem suficiente prática de utilização, o seu estudo enquadra-se no âmbito do protocolo estabelecido entre o LNEC e a Autoridade Nacional de Protecção Civil (à data Serviço Nacional de Bombeiros e de Protecção Civil), sendo, todavia, da responsabilidade da entidade licenciadora do parque de estacionamento a decisão final sobre a aceitação, ou recusa, deste processo de controlo de fumo.

Salienta-se que o envolvimento do LNEC neste empreendimento se limita à apreciação do funcionamento do sistema de controlo de fumo implementado no parque de estacionamento coberto, não tendo, portanto, sido analisados outros aspectos do projecto de segurança contra incêndio, quer do parque de estacionamento coberto, quer do próprio edifício em que se integra. Tal limitação não obsta, contudo, a que sejam feitas chamadas de atenção a aspectos, observados no decurso da análise do projecto, que sejam considerados relevantes para a segurança contra incêndio.

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimentos

A análise do desempenho do sistema de ventilação do parque de estacionamento coberto do Centro Comercial Água Portimão foi configurada de acordo com as seguintes acções:

- a) Análise preliminar dos projectos de arquitectura e de ventilação. Esta análise preliminar destina-se a tomar conhecimento da estratégia de ventilação a implementar, identificar na generalidade os pontos críticos que poderão pôr em causa a segurança do parque, fazer o levantamento das omissões existentes no projecto e proceder à solicitação de documentação complementar pertinente face às omissões detectadas.
- b) Análise detalhada do projecto de execução. Nesta fase procede-se à apreciação detalhada do projecto, incluindo não só o levantamento exaustivo dos pontos críticos que poderão pôr em causa a segurança do parque, como também a proposta de acções de melhoria, caso o projectista não apresente justificação tecnicamente credível que apoie as opções de projecto em causa.
- c) Identificação das zonas do parque de estacionamento, e respectivos cenários de incêndio, que são objecto de ensaio.
- d) Ensaio. Os ensaios no parque de estacionamento são realizados com recurso a uma fonte de fumo que simula um incêndio e consistem na observação do escoamento do fumo e medição das grandezas físicas consideradas relevantes (nomeadamente velocidade e direcção do escoamento). A experiência tem mostrado que a convecção forçada imposta pelos ventiladores de impulso é dominante, com excepção da zona próxima do foco de incêndio e das zonas com declives acentuados (como sejam as rampas de acesso). Assim, nas zonas correntes dos pisos dos parques de estacionamento cobertos com geometria simples é possível fazer uma avaliação razoável do desempenho do sistema de controlo de fumo através do seu ensaio em regime isotérmico (sem fonte de calor que simule o foco de incêndio). Esta metodologia pressupõe que as comunicações verticais sejam dotadas de meios que impeçam ou restrinjam muito o escoamento do fumo.
- e) Parecer final sobre o desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo, ao abrigo do protocolo estabelecido entre o LNEC e a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC).

Este relatório referencia toda a informação resultante da metodologia descrita, constituindo o seu objecto as fases correspondentes às alíneas d) e e).

3.2 Documentação de referência do novo parque de estacionamento

A análise do sistema de ventilação e de controlo de fumo implementado no parque de estacionamento do Centro Comercial Água Portimão baseou-se no dossiê preparado pela Bouygues Imobiliária S.A., contendo os seguintes elementos:

1. Peças desenhadas:

- a) *Projecto de Execução Arquitectura (desenhos n.ºs ARQ-101, ARQ-102, ARQ-103, ARQ-104 e ARQ-301);*
- b) *Projecto de Execução I. AVAC (desenhos n.ºs AVC 201, AVC-202 e AVC-203);*

2. Peças escritas:

- a) *Memória Descritiva;*
- b) *Mapa de Ventiladores;*
- c) *Matriz de Comando;*
- d) *Certificados de ensaio.*

4 EFEMÉRIDES

Registaram-se as seguintes efemérides ao longo do desenvolvimento deste estudo:

1. 2010-09-13 – Solicitação formal da firma Bouygues Imobiliária S.A., para elaboração de uma proposta de estudo;
2. 2010-09-20 – Reunião de trabalho no LNEC;
3. 2010-09-30 – Envio de proposta de estudo pelo LNEC à firma Bouygues Imobiliária S.A. (Proc. 0809/01/18124);
4. 2010-10-12 – Pedido de alteração, pela firma Bouygues Imobiliária S.A., da proposta de estudo do LNEC;
5. 2010-11-15 – Envio da alteração da proposta de estudo à firma Bouygues Imobiliária S.A.;
6. 2010-11-23 – Aceitação formal, pela firma Bouygues Imobiliária S.A., da proposta de estudo do LNEC;
7. 2010-11-25 – Recepção pelo LNEC de elementos do projecto em estudo;
8. 2011-01-05 – Solicitação pelo LNEC de informação em falta nos elementos de projecto fornecidos;
9. 2011-01-10 – Recepção pelo LNEC de parte da informação adicional aos elementos de projecto já disponibilizados;
10. 2011-01-11 – Solicitação pelo LNEC de informação adicional relativa ao quadro de ventiladores;
11. 2011-01-13 – Recepção pelo LNEC de parte da informação solicitada;
12. 2011-01-26 – Recepção pelo LNEC das matrizes de comando solicitadas;
13. 2011-02-17 – Realização de ensaios ao sistema de ventilação e controlo de fumo e solicitação de elementos de projecto;
14. 2011-03-02 e 03 – Realização de ensaios ao sistema de ventilação e controlo de fumo e recepção de elementos de projecto;
15. 2011-03-21 – Realização de ensaios ao sistema de ventilação e controlo de fumo e recepção de elementos de projecto;
16. 2011-03-22 – Envio do relatório preliminar;
17. 2011-04-05 – Envio das conclusões dos ensaios, através do fax n.º 76 do LNEC/DED;

5 DESCRIÇÃO DO PARQUE DE ESTACIONAMENTO

5.1 Generalidades

De acordo com a informação remetida ao LNEC, o parque de estacionamento é constituído por três pisos em cave (pisos -1, -2 e -3), com uma capacidade total de estacionamento de 1782 veículos, distribuída da forma que o Quadro I ilustra.

Quadro I – Distribuição dos lugares de estacionamento

Piso	Número de lugares de estacionamento
-1	577
-2	662
-3	543

O acesso e a saída de veículos do parque de estacionamento são realizados directamente para o exterior através do piso -1 (lado SW) e por rampas (lado NE) para o nível 1, do piso -2 para o nível do piso 0 (lado NW). A intercomunicação entre os diferentes pisos é feita através de 4 conjuntos de rampas. O acesso de pessoas ao parque é realizado através de escada e tapetes rolantes e elevadores. Adicionalmente existem conjuntos de escadas consideradas como caminhos de evacuação em caso de emergência.

5.2 Sistema de ventilação e de controlo de fumo

O sistema de ventilação e de desenfumagem do parque de estacionamento é constituído por 50 ventiladores axiais de duas velocidades, unidireccionais, sendo 26 de insuflação e 24 de extracção, os quais asseguram quer a exaustão de ar contaminado por excesso de CO quer de fumo, e 146 ventiladores de impulso (suspensos no tecto) de duas velocidades, sendo 140 unidireccionais e 6 bidireccionais.

Os ductos de exaustão e de insuflação estão situados na periferia do parque de estacionamento. Os ventiladores aí instalados são da marca NOVENCO e as suas referências, caudal máximo e número de unidades estão indicadas no Quadro II.

O projectista especifica que estes ventiladores de exaustão e de insuflação resistem, em funcionamento, à temperatura de 400 °C durante duas horas, tendo incluído na

documentação apresentada ao LNEC o correspondente Certificado de Conformidade CE que comprova o seu desempenho (ver Quadro IV).

Existe um conjunto de 10 ventiladores de transferência de referência ACN-500 (fabricados pela NOVENCO), colocados sobre um corredor de evacuação entre as zonas -3.1.A e -3.1.B. Estes ventiladores são abrangidos pelo certificado referido para os ventiladores de exaustão.

Quadro II – Ventiladores de exaustão/insuflação

Marca	Referência	Caudal máximo [m ³ /h]	Número de velocidades	Número de unidades
NOVENCO	ACN	30.000	2	15
		37.500	2	4
		45.000	2	13
		50.000	2	6
		60.000	2	12

Os ventiladores de impulso instalados são da marca NOVENCO da gama 380 AUC e ARC e as suas referências, potência de impulso, sentidos de funcionamento e número de unidades estão indicadas no Quadro III.

O projectista refere que estes ventiladores de impulso devem resistir em funcionamento à temperatura de 250 °C durante uma hora, se bem que no quadro de ventiladores seja referido que a sua resistência à temperatura é de 300 °C durante uma hora, tendo incluído na documentação apresentada ao LNEC o correspondente Certificado de Conformidade CE que comprova o seu desempenho (ver Quadro IV da secção 7).

Quadro III – Ventiladores de impulso

Marca	Referência	Impulso máximo [N]	Sentidos de funcionamento	Número de velocidades	Número de unidades
NOVENCO	380 AUO/ARO	57	1	2	140
	380 AUO/ARO	57	2	2	4
	380 AUO/ARO	57	2	1	2

Os caminhos de evacuação que servem o parque de estacionamento coberto são constituídos por comunicações verticais (escadas de acesso) dotadas de câmaras corta-fogo. O projecto refere que em todas as câmaras corta-fogo estão instalados sistemas de ventilação

que asseguram no mínimo cinco renovações por hora e que as caixas de escada enclausuradas estão dotadas de sistemas de ventilação mecânica que asseguram uma sobrepressão entre 20 e 80 Pa relativamente ao piso sinistrado.

O projecto refere que estão aplicados registos e grelhas nos ductos de exaustão da marca TROX, tendo sido incluído na documentação apresentada ao LNEC o correspondente Certificado que evidencia o seu comportamento ao fogo (ver Quadro IV da secção 7).

As rampas de intercomunicação entre pisos, de acordo com o projecto, estão dotadas de cortinas pára-fumo da marca Smokemaster, tendo sido incluído na documentação apresentada ao LNEC o correspondente Certificado de Conformidade CE que evidencia o seu comportamento ao fogo (ver Quadro IV da secção 7).

De acordo com a informação veiculada pelo projectista, o parque de estacionamento, bem como os caminhos de evacuação e de acesso ao parque estão dotados de portões e portas resistentes ao fogo, tendo sido incluído na documentação apresentada ao LNEC o correspondente Certificado de Conformidade CE que evidencia o seu comportamento ao fogo (ver Quadro IV da secção 7).

O projecto refere que os cabos eléctricos utilizados na alimentação do sistema de controlo de fumo são resistentes ao fogo e são da marca Afirefenixe, tendo sido incluído na documentação apresentada ao LNEC o correspondente Certificado que evidencia o seu comportamento ao fogo (ver Quadro IV da secção 7).

De acordo com os elementos de projecto fornecidos, existem paredes que enclausuram as escadas/passadeiras rolantes de acesso ao parque constituídas por elementos envidraçados; foi incluído na documentação apresentada ao LNEC o correspondente Certificado de Conformidade CE que evidencia o seu comportamento ao fogo (ver Quadro IV da secção 7).

Toda a documentação remetida ao LNEC que tenha sido considerada relevante para a comprovação do desempenho ao fogo dos sistemas e componentes efectivamente instalados está listada no Quadro IV da secção 7. A conformidade do desempenho em situação de incêndio desses equipamentos deverá ser assegurada pelo dono-de-obra.

6 ENSAIOS DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO E DE CONTROLO DE FUMO

Nos dias 2011-02-17, 2011-03-02, 2011-03-03 e 2011-03-21 foram realizados os ensaios ao sistema de ventilação e de controlo de fumo do parque de estacionamento coberto do Centro Comercial Água Portimão. A visita inicial destinou-se essencialmente a avaliar as condições de instalação do sistema de ventilação e de controlo de fumo e a avaliar experimentalmente se os ventiladores de transferência aplicados na separação entre as zonas -3.1A e -3.1B eram suficientes para assegurar o escoamento entre essas zonas. As visitas intermédias destinaram-se essencialmente à realização dos ensaios isotérmicos para avaliação do desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo nos vários sectores do parque de estacionamento. A última visita teve por objectivo essencial confirmar que as alterações e melhorias sugeridas foram efectivamente implementadas, bem como concluir os ensaios. Nas secções seguintes referem-se as observações realizadas no decurso dos ensaios, as propostas de alteração que visam melhorar o funcionamento do sistema e os resultados da avaliação do sistema.

Os ensaios foram realizados com recurso a uma fonte de fumo para visualização do escoamento isotérmico. Admite-se que, dadas as grandes velocidades impostas pelo escoamento forçado, o padrão do escoamento na situação de incêndio nos locais afastados da fonte de calor será semelhante ao observado no decurso dos ensaios isotérmicos.

No decurso desta campanha experimental verificaram-se os seguintes aspectos no parque de estacionamento:

1. Observação das condições de instalação do sistema de ventilação e de controlo de fumo nos pisos do parque de estacionamento coberto;
2. Padrão geral do escoamento na condição de controlo de fumo com detecção em todas as zonas do parque de estacionamento coberto;
3. Verificação da resposta do sistema de controlo de fumo na condição de ocorrência de detecções múltiplas nas zonas -3.1A, -3.1B e -3.1C;
4. Verificação da resposta do sistema de controlo de fumo na condição de ocorrência de detecções múltiplas nas zonas -3.2A e -3.2B;
5. Medição dos perfis de velocidade, para referência, em todas as zonas;
6. Medição do caudal de exaustão na admissão dos ventiladores VED -1.1.2 A/B/C e VED -1.1.3 A/B/C, localizada na zona -3.1B de detecção de incêndio;

7. Medição do caudal de exaustão na admissão dos ventiladores VED -1.2.3 A/B, localizada na zona -3.2A de detecção de incêndio;
8. Medição do caudal de exaustão na admissão dos ventiladores VED -1.3.1 A/B e VED -1.3.2 A/B, localizada na zona -3.2B de detecção de incêndio;
9. Medição da diferença de pressão nas caixas de escadas pressurizadas, que constituem caminhos de evacuação do parque de estacionamento, e das respectivas velocidades do escoamento com portas abertas (da caixa de escada e da respectiva câmara corta-fogo);
10. Activação do sistema de ventilação por detecção de excesso de CO nas zonas de detecção -2.2 e -2.4.

Os ensaios do parque foram realizados no piso do parque de estacionamento coberto na configuração final, estando nas figuras seguintes a posição da fonte de fumo indicada por um asterisco. Foram realizados 17 ensaios na presente campanha, apresentando-se apenas os resultados dos que foram considerados relevantes para a demonstração do adequado desempenho do sistema de ventilação e de controlo de fumo. Neste relatório foi adoptada a sua ordenação de acordo com o número da zona a que se referem.

Em todos os ensaios, a menos que explicitamente referido, o sistema de controlo de fumo foi accionado de acordo com a matriz de comando proposta pelo projectista e implementada em obra.

As medições de velocidade para estimativa do caudal de exaustão e para obtenção do perfil de velocidades nas zonas do parque foram realizadas com um anemómetro de turbina modelo AV6 da Airflow (S/N 117821), provido de uma turbina de 100 mm de diâmetro, tendo sido utilizadas as escalas de 2 e 15 m/s.

6.1 Zona -1.1 – Ensaio 16

Este ensaio foi realizado na zona -1.1 do piso -1. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista. Os respectivos

padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 1; na Figura 2 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio e as conclusões estão referidas no ponto 4 das conclusões (secção 7).

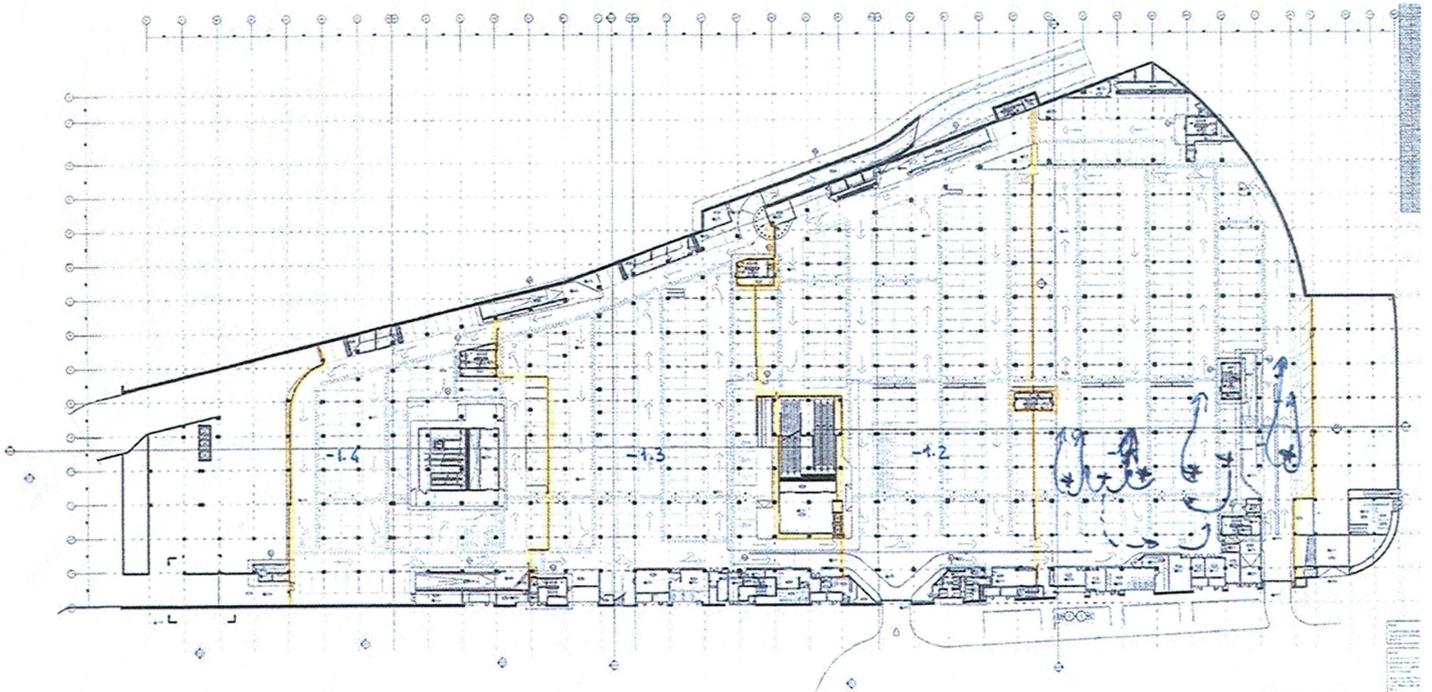


Figura 1 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 16

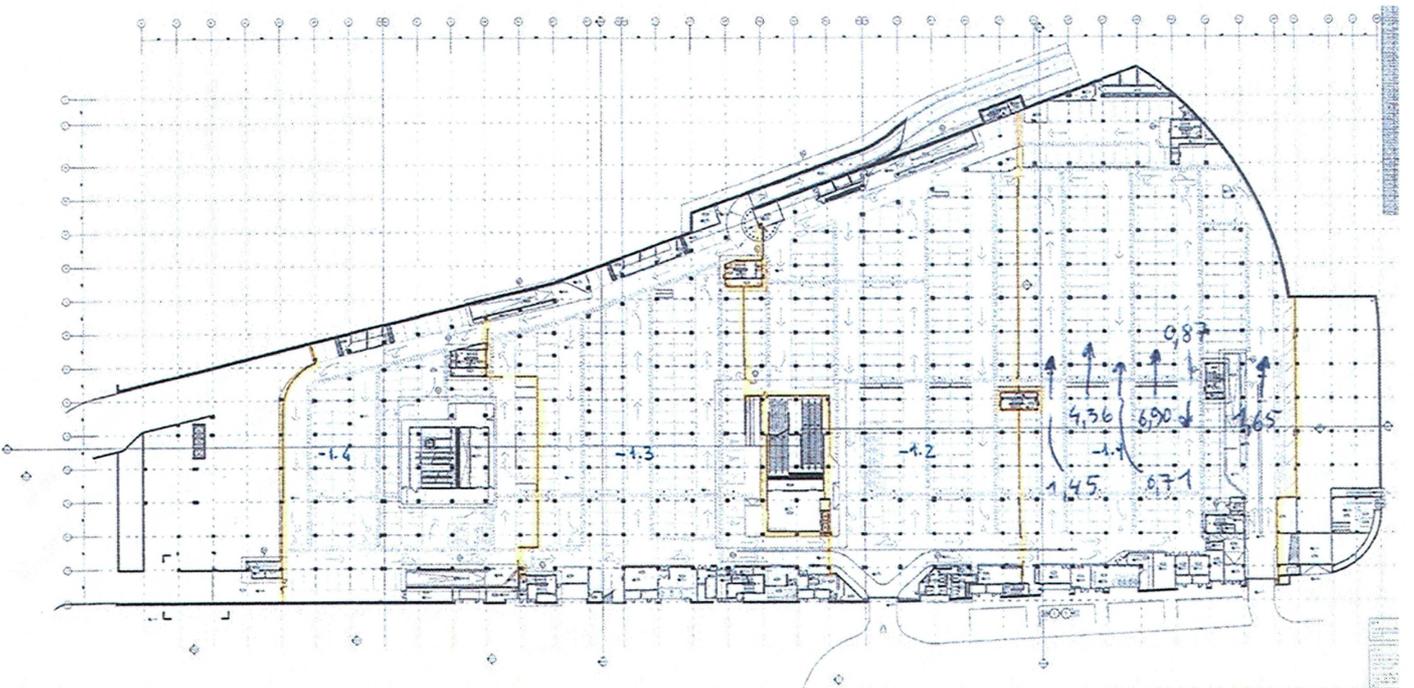


Figura 2 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 16

6.2 Zona -1.2 – Ensaio 15

Este ensaio foi realizado na zona -1.2 do piso -1. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista mas, com algumas alterações decorrentes dos ensaios. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 3; na Figura 4 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio, as alterações implementadas e as conclusões estão referidas no ponto 5 das conclusões (secção 7).

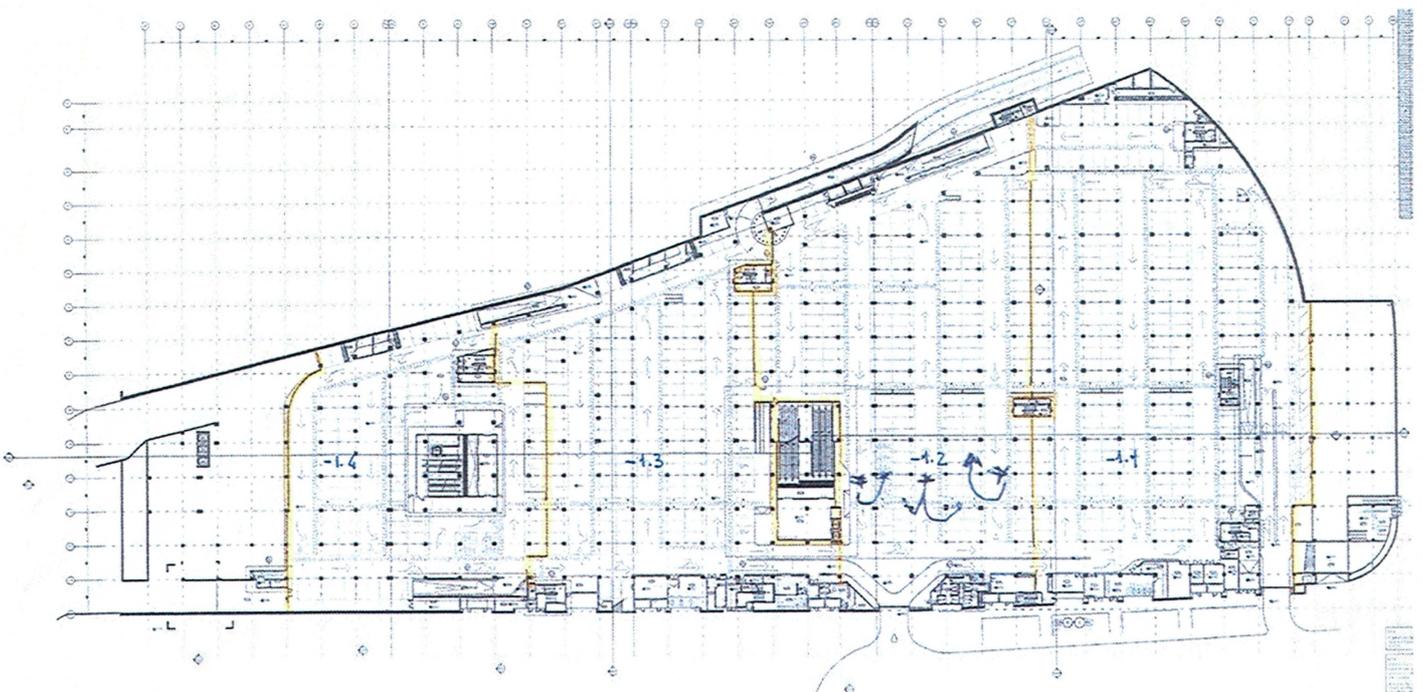


Figura 3 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 15

6.3 Zona -1.3 – Ensaio 14

Este ensaio foi realizado na zona -1.3 do piso -1. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista mas, com algumas alterações decorrentes dos ensaios. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 5; na Figura 6 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio, as alterações implementadas e as conclusões estão referidas no ponto 6 das conclusões (secção 7).

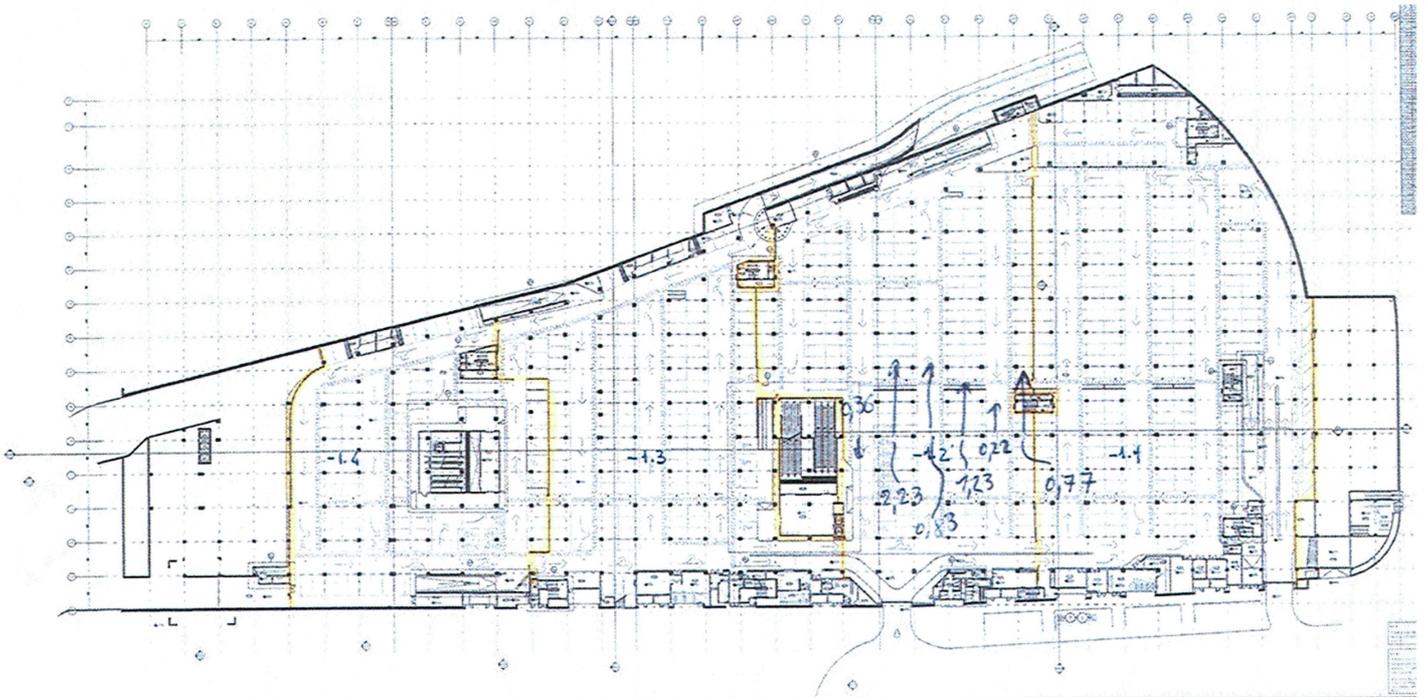


Figura 4 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 15

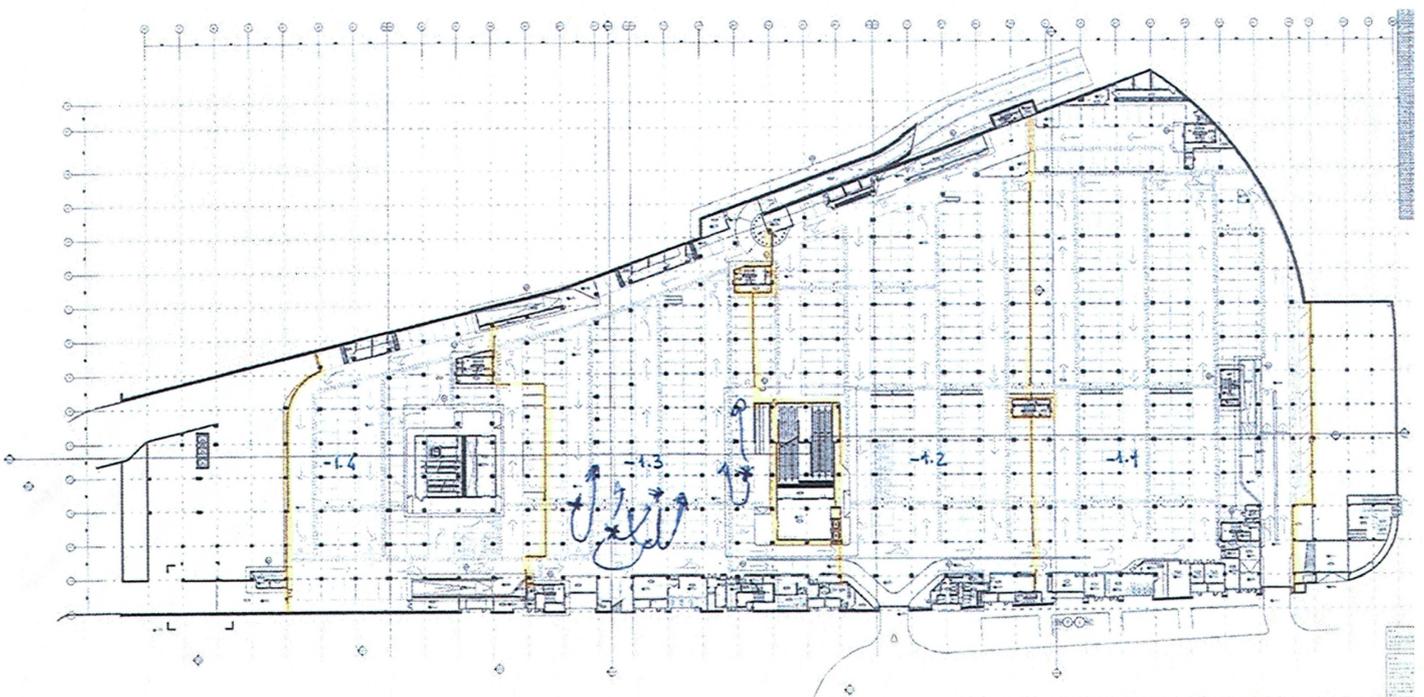


Figura 5 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 14

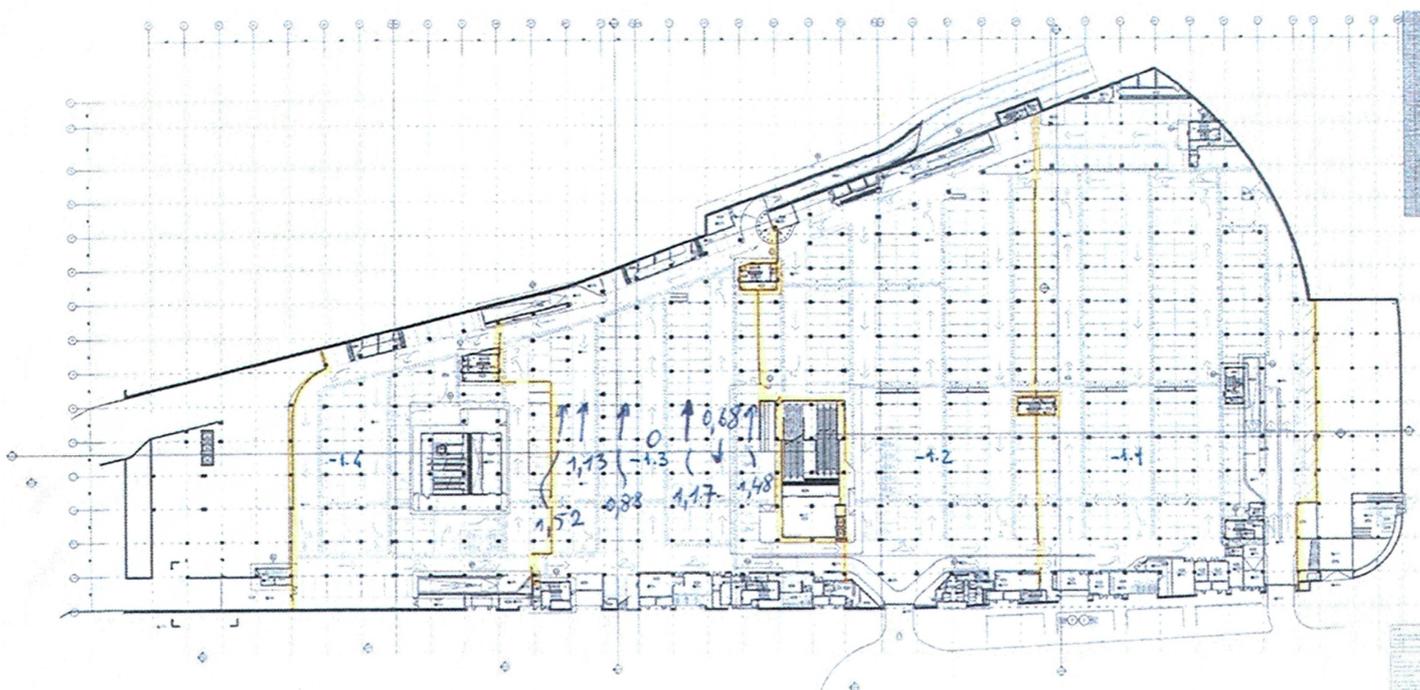


Figura 6 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 14

6.4 Zona -1.4 – Ensaio 17

Este ensaio foi realizado na zona -1.4 do piso -1. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 7; na Figura 8 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio e as conclusões estão referidas no ponto 4 das conclusões (secção 7).

6.5 Zona -2.1 – Ensaio 8

Este ensaio foi realizado na zona -2.1 do piso -2. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista mas, com algumas

alterações decorrentes dos ensaios. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 9; na Figura 10 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio, as alterações implementadas e as conclusões estão referidas no ponto 7 das conclusões (secção 7).

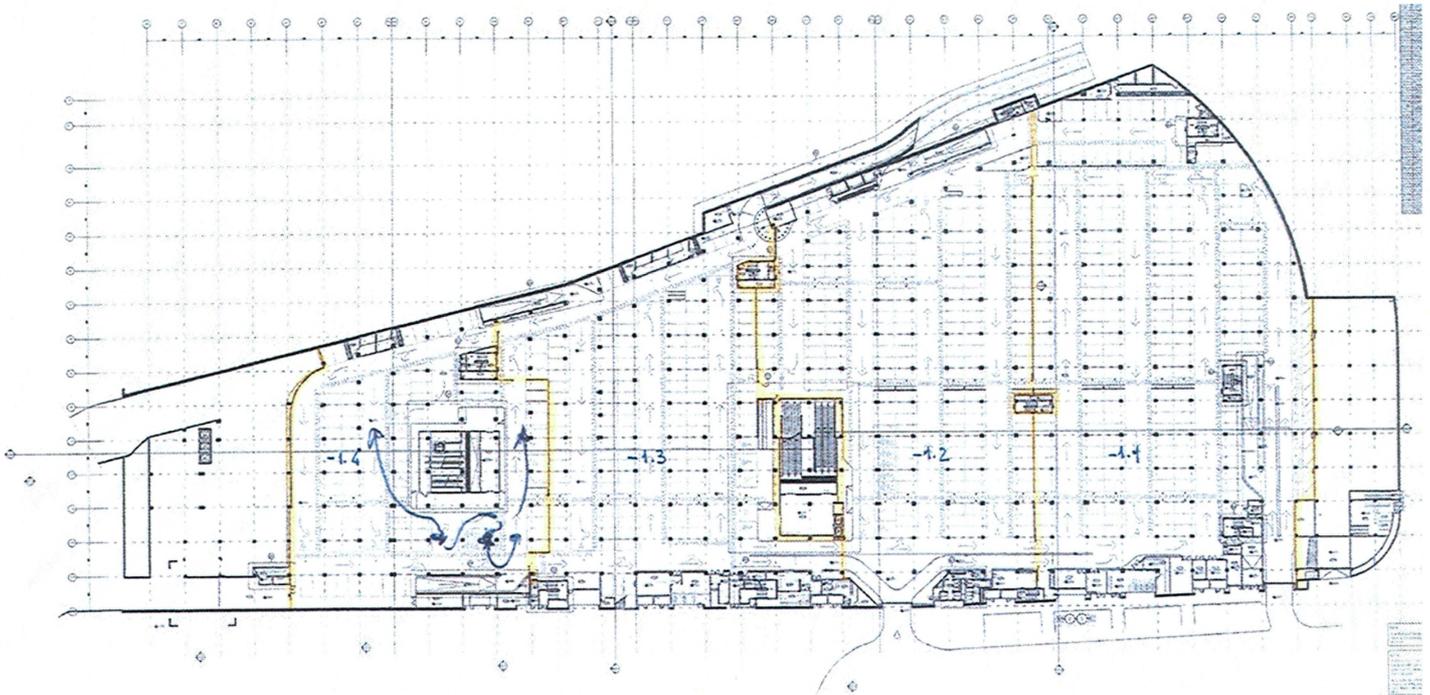


Figura 7 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 17

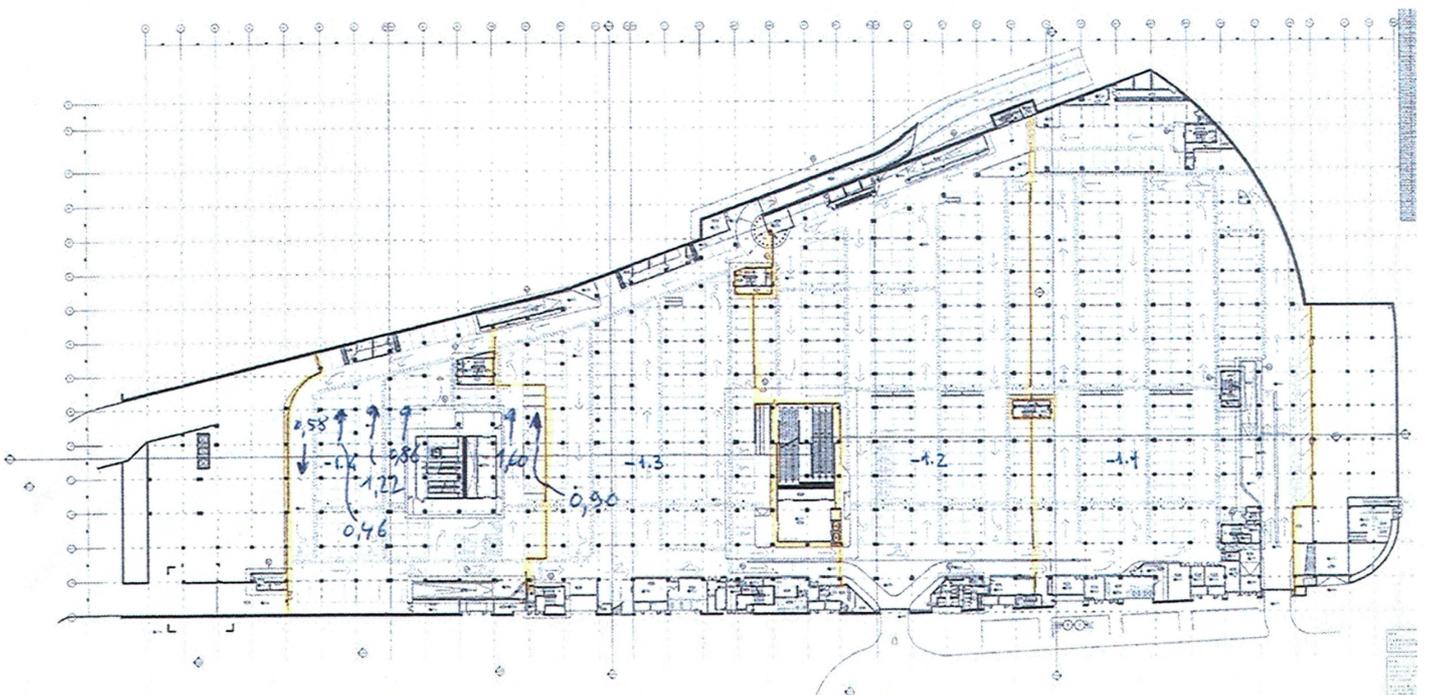


Figura 8 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 17

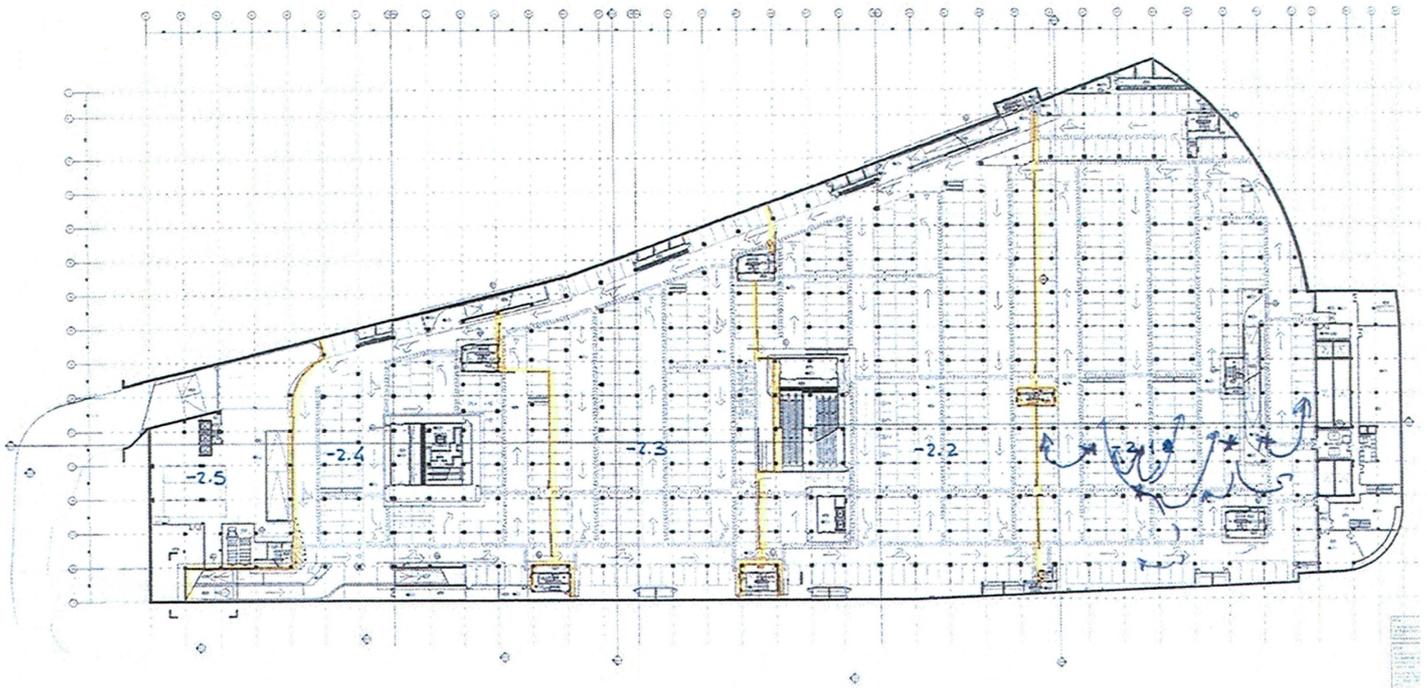


Figura 9 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 8

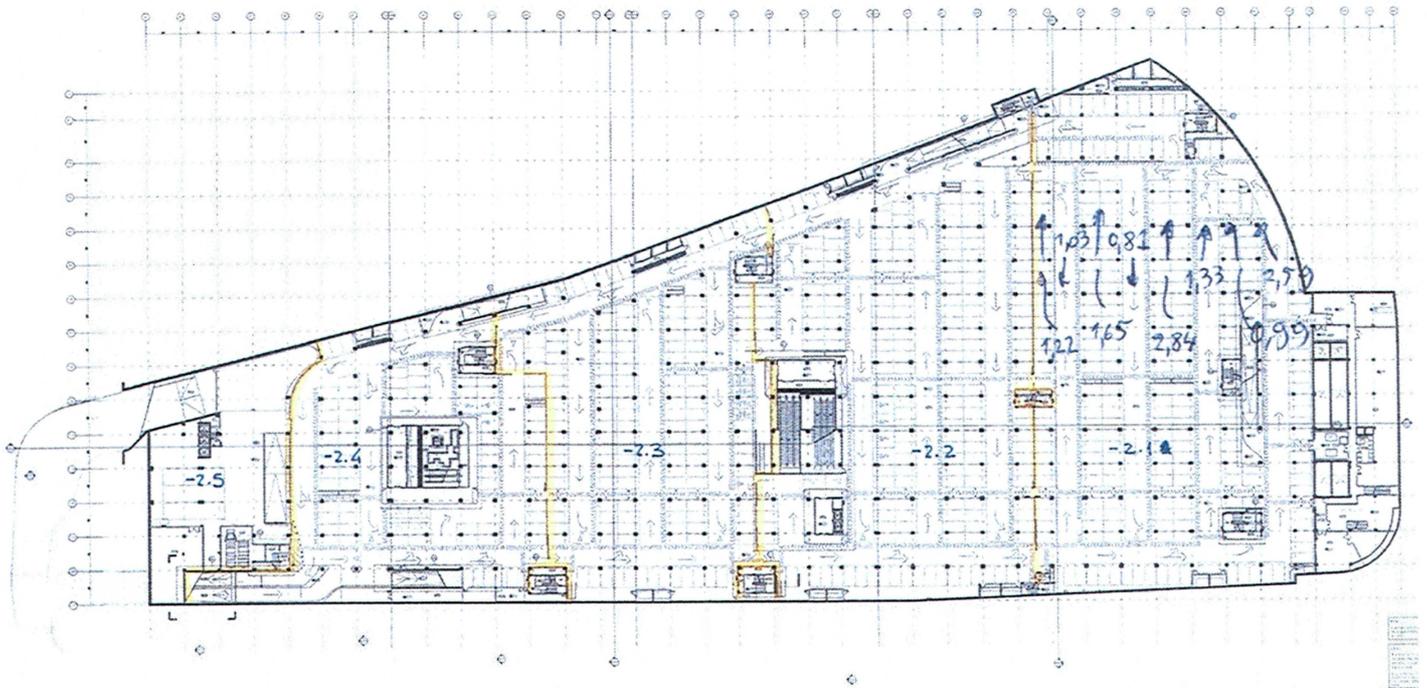


Figura 10 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 8

6.6 Zona -2.2 – Ensaio 9

Este ensaio foi realizado na zona -2.2 do piso -2. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista mas, com algumas alterações decorrentes dos ensaios. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 11; na Figura 12 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio, as alterações implementadas e as conclusões estão referidas no ponto 8 das conclusões (secção 7).

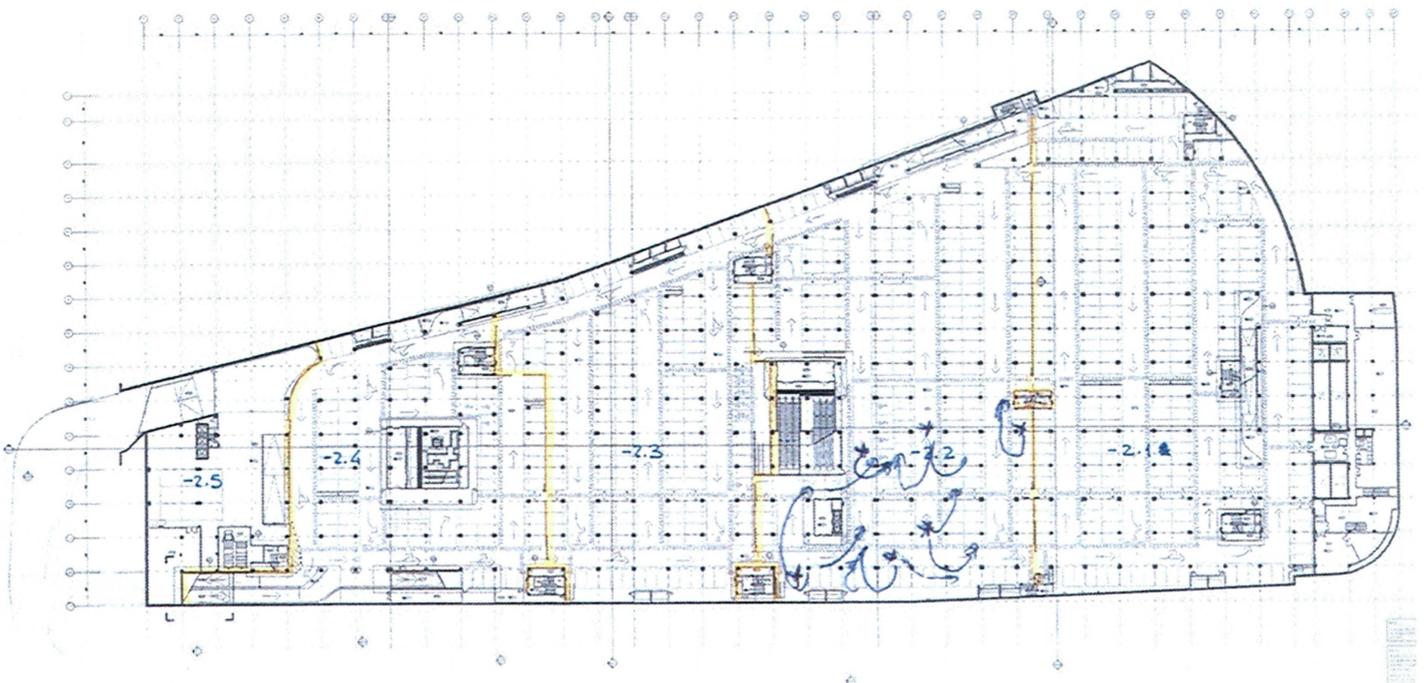


Figura 11 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 9

6.7 Zona -2.3 – Ensaio 10

Este ensaio foi realizado na zona -2.3 do piso -2. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 13; na Figura 14 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio e as conclusões estão referidas no ponto 4 das conclusões (secção 7).

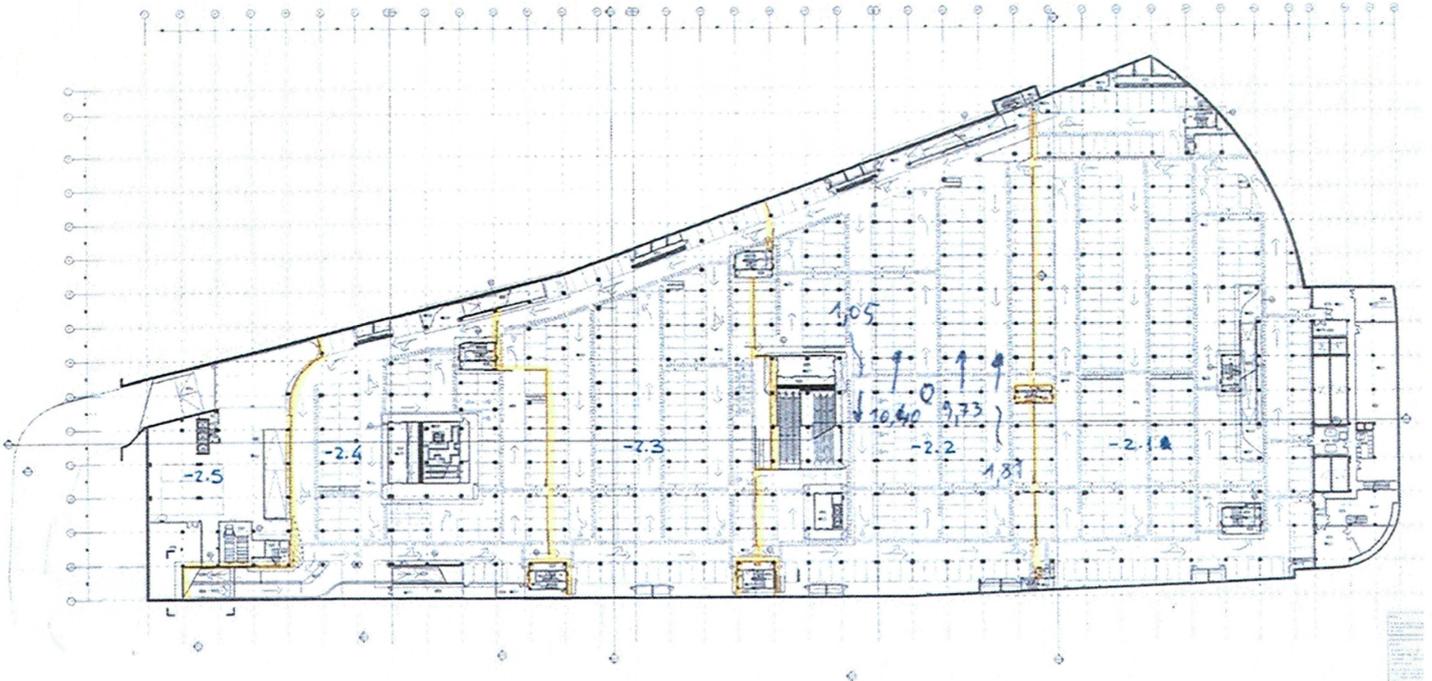


Figura 12 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 9



Figura 13 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 10

6.8 Zona -2.4 – Ensaio 11

Este ensaio foi realizado na zona -2.4 do piso -2. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista mas, com algumas alterações decorrentes dos ensaios. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 15; na Figura 16 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio, as alterações implementadas e as conclusões estão referidas no ponto 9 das conclusões (secção 7).

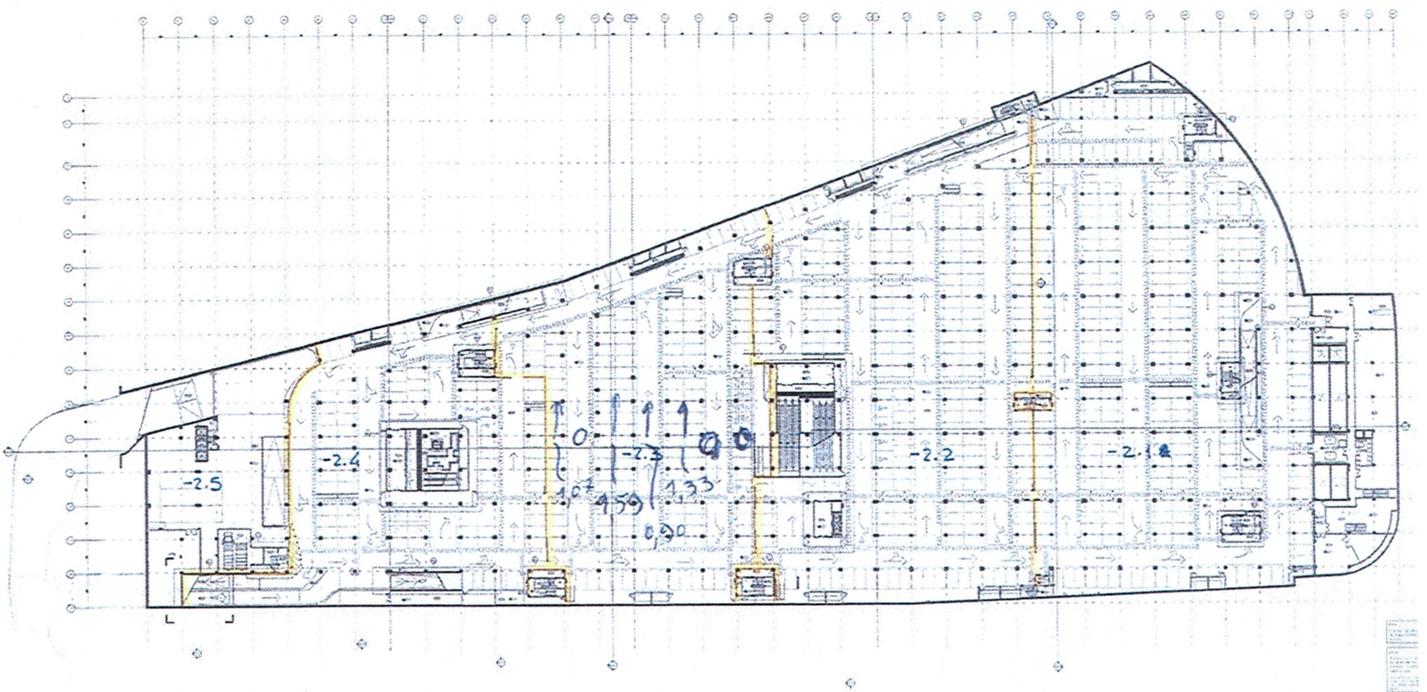


Figura 14 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 10

6.9 Zona -3.1A – Ensaio 3

Este ensaio foi realizado na zona -3.1A do piso -3. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista mas, com algumas alterações decorrentes dos ensaios. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 17.

As observações resultantes do ensaio, as alterações implementadas e as conclusões estão referidas no ponto 10 das conclusões (secção 7).

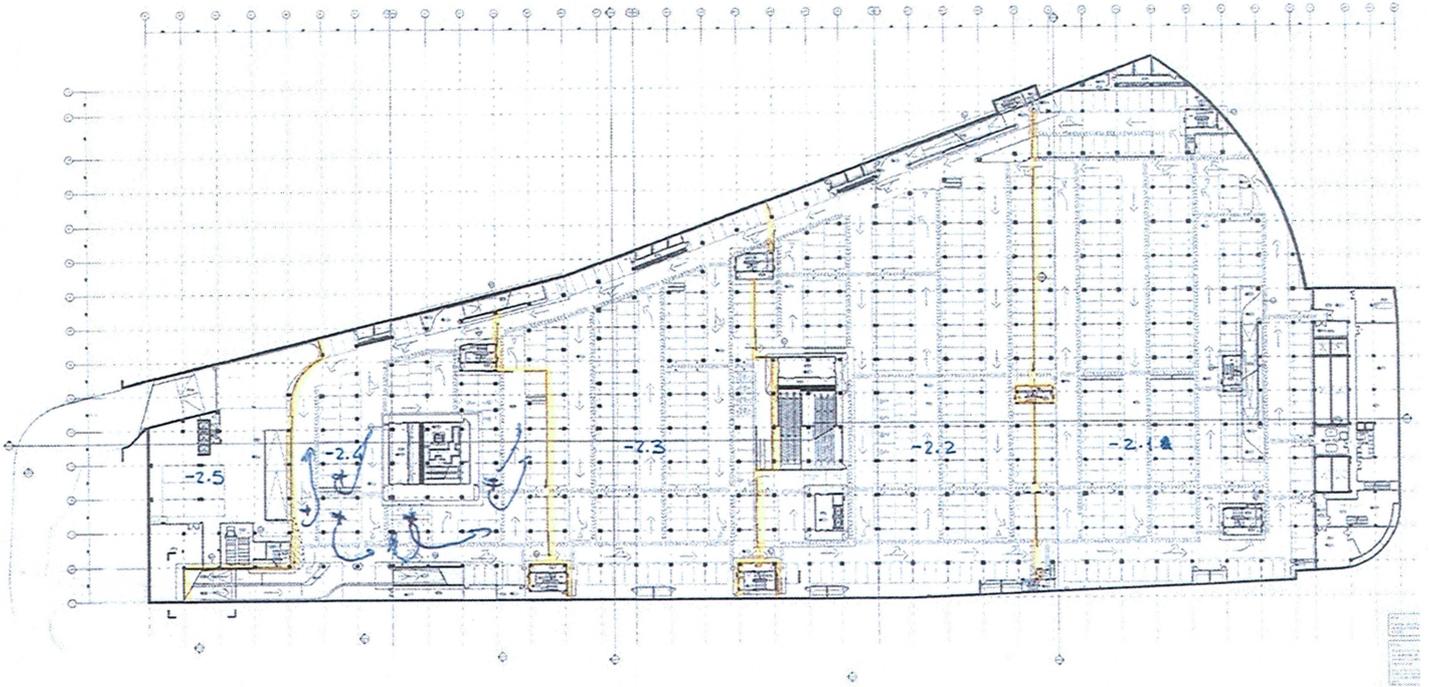


Figura 15 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 11

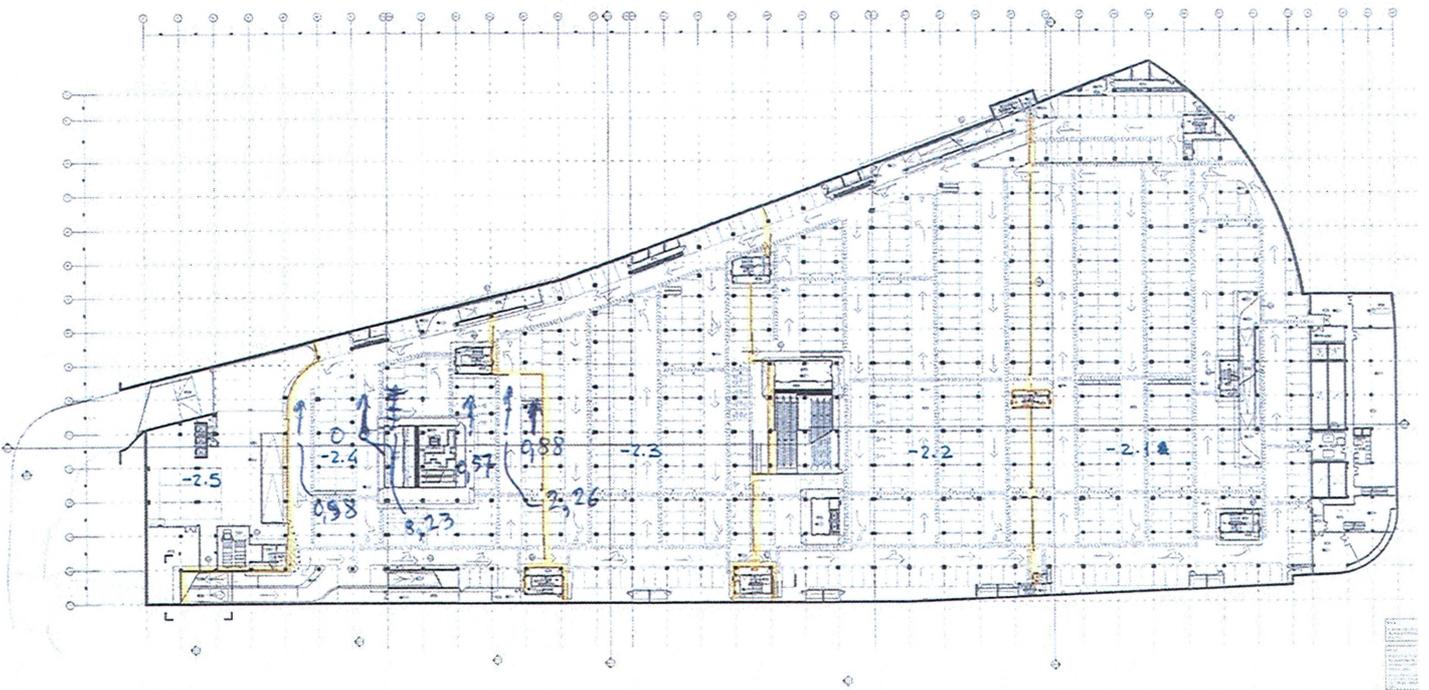


Figura 16 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 11

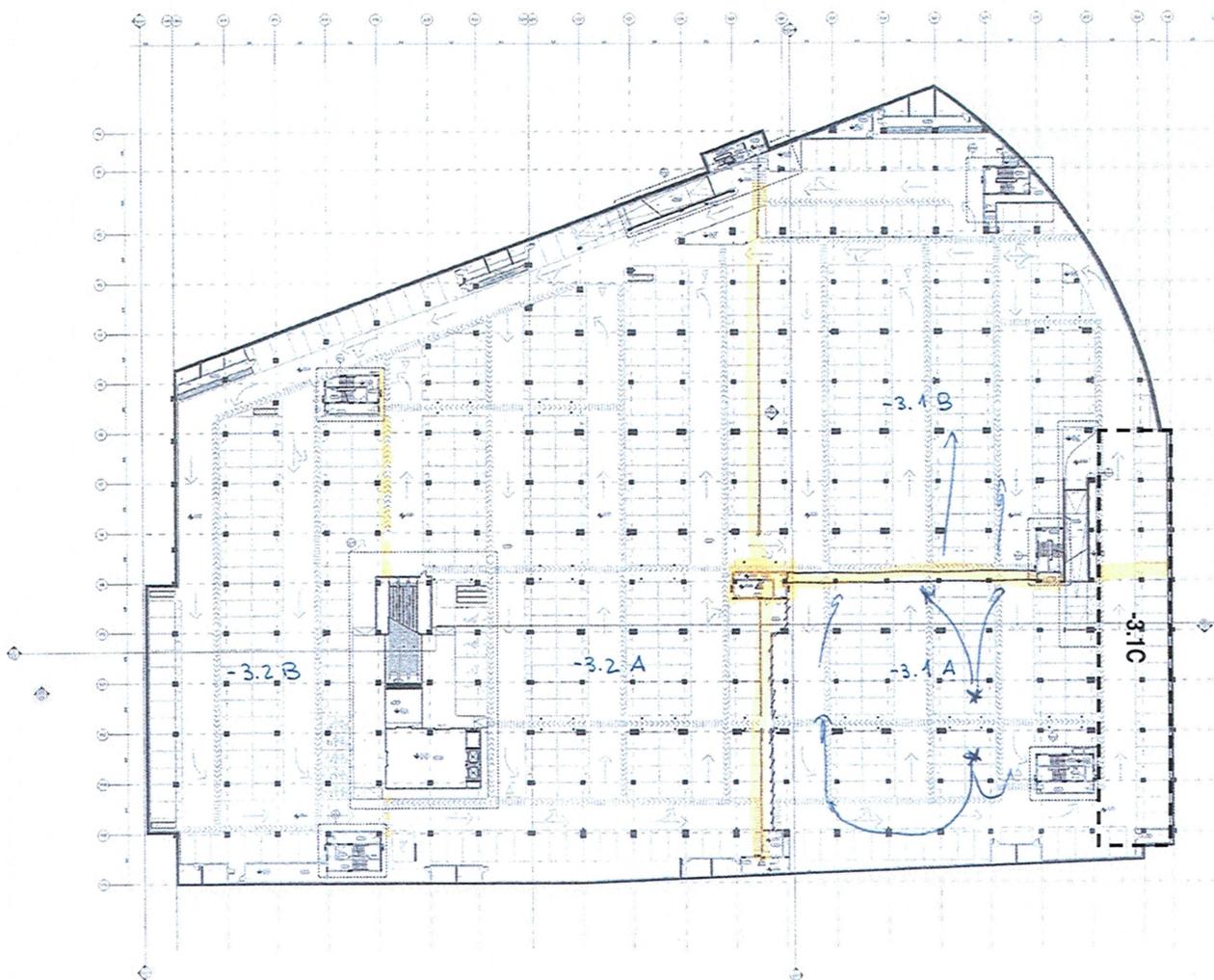


Figura 17 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 3

6.10 Zona -3.1B – Ensaio 7

Este ensaio foi realizado através de detecções sucessivas e cumulativas nas zonas -3.1C, zona -3.1A e na zona -3.1B do piso -3, respectivamente, com a medição do perfil de velocidades a ser efectuada na zona 1B deste piso de estacionamento. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais da zona central da zona 3.1B de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista. O respectivo perfil de velocidades está reproduzido na Figura 18.

As observações resultantes do ensaio e as conclusões estão referidas no ponto 4 das conclusões (secção 7).

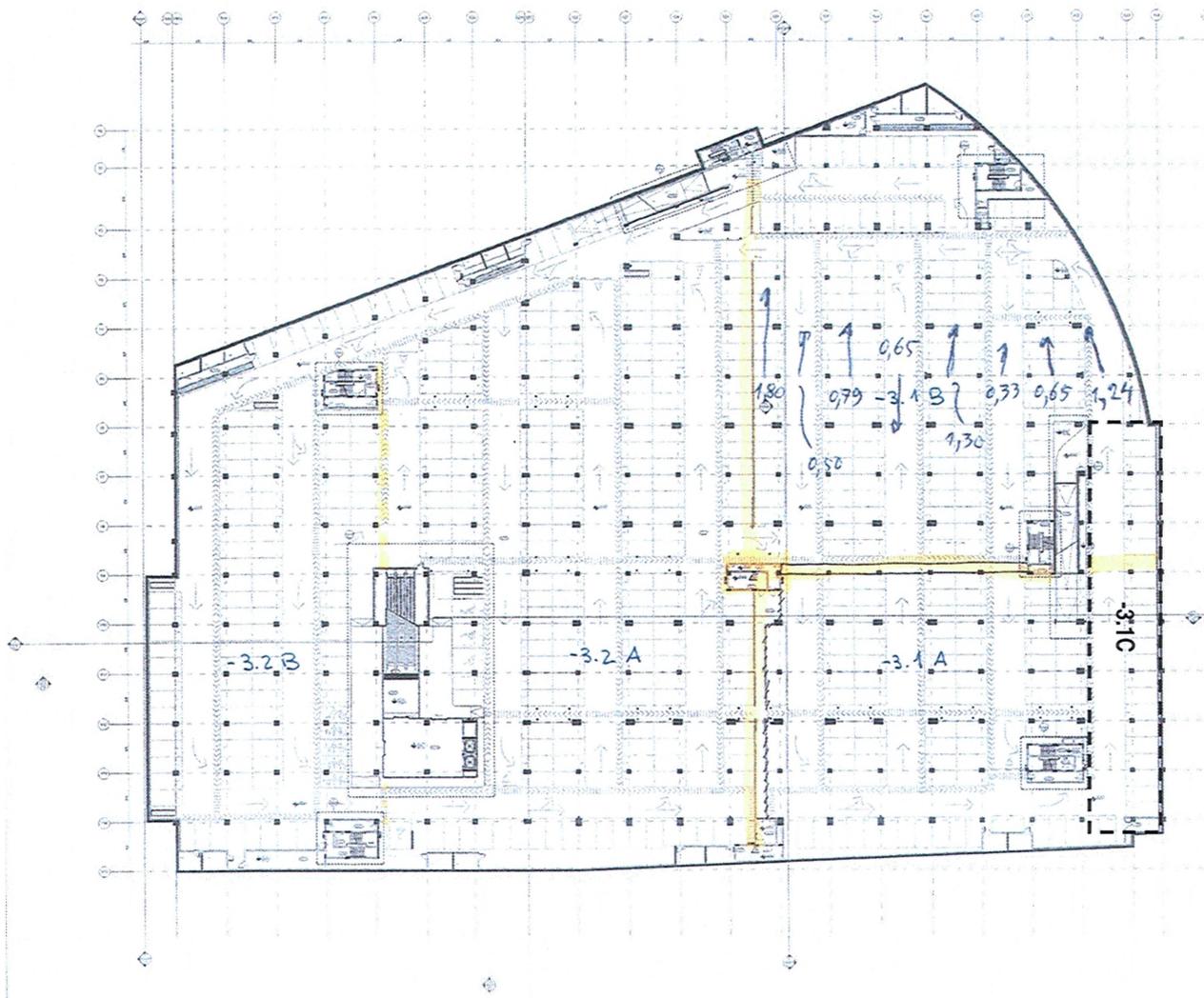


Figura 18 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 7

6.11 Zona -3.1C – Ensaio 4

Este ensaio foi realizado na zona -3.1C do piso -3. A fonte de fumo foi colocada num local junto do limite desta zona de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista mas, com algumas alterações decorrentes dos ensaios. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 19.

As observações resultantes do ensaio, as alterações implementadas e as conclusões estão referidas no ponto 11 das conclusões (secção 7).

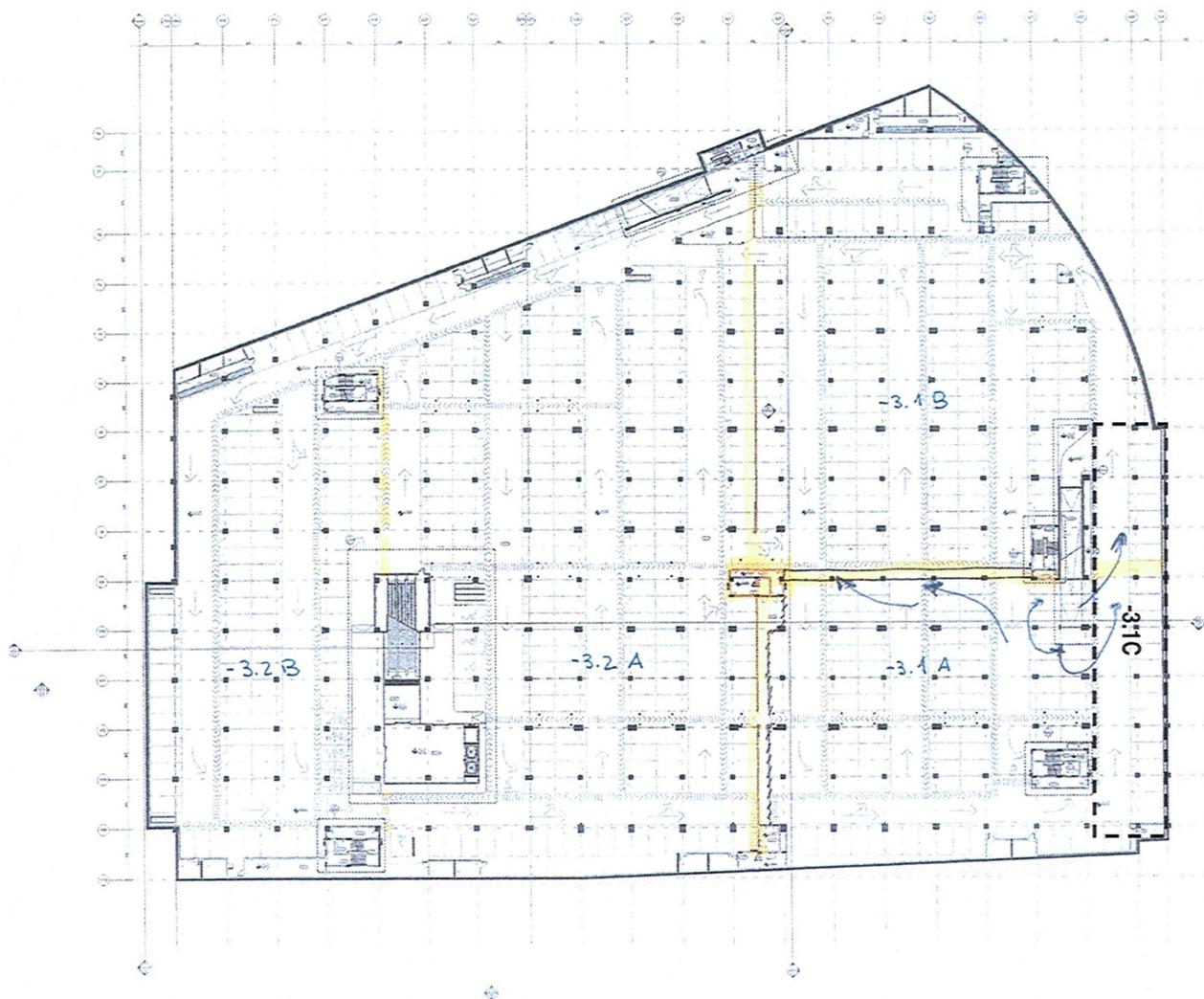


Figura 19 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 4

6.12 Zona -3.2A – Ensaio 5

Este ensaio foi realizado na zona -3.2A do piso -3 com subsequente actuação da zona -3.2B do piso -3. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais próximos dos limites destas zonas de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista mas, com algumas alterações decorrentes dos ensaios. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 20; na Figura 21 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio, as alterações implementadas e as conclusões estão referidas no ponto 12 das conclusões (secção 7).

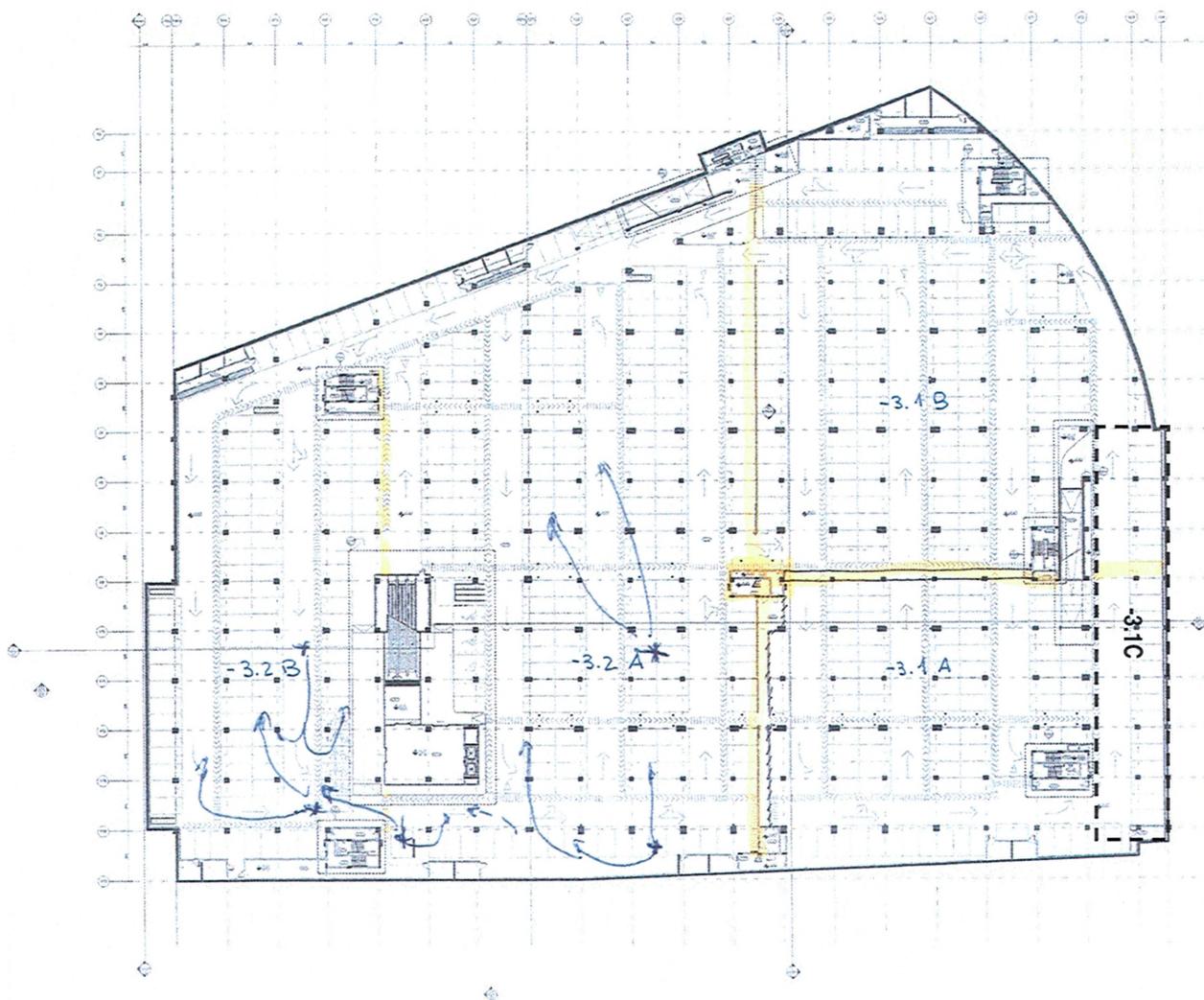


Figura 20 – Padrão do escoamento (vectores a azul) no decurso do ensaio 5

6.13 Zona -3.2B – Ensaio 6

Este ensaio foi realizado na zona -3.2B do piso -3 com subsequente actuação da zona -3.2A do piso -3. A fonte de fumo foi colocada em diversos locais destas zonas de forma a permitir a visualização do escoamento e foi utilizada a matriz de comando proposta pelo projectista mas, com algumas alterações decorrentes dos ensaios. Os respectivos padrões do escoamento, representados a azul, estão reproduzidos na Figura 20; na Figura 22 apresentam-se as velocidades medidas.

As observações resultantes do ensaio, as alterações implementadas e as conclusões estão referidas no ponto 13 das conclusões (secção 7).

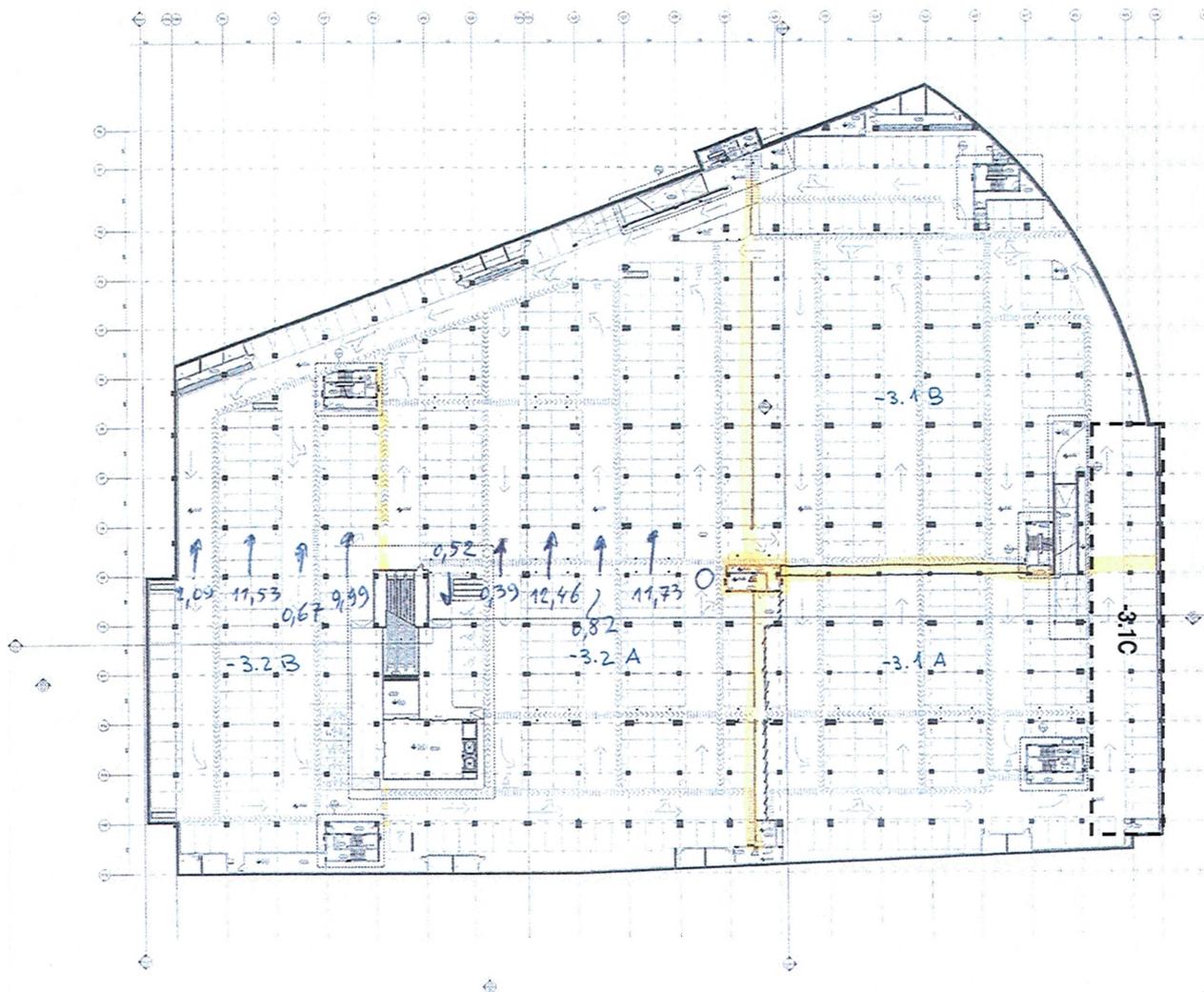


Figura 21 – Velocidades do escoamento no decurso do ensaio 5

6.14 Medição do caudal nos ventiladores de exaustão

Foram medidas velocidades pontuais com um anemómetro de turbina (de 100 mm de diâmetro) colocado perpendicularmente à abertura de aspiração de uma conduta colocada encostada às redes de protecção da aspiração (nestas condições o escoamento na secção de medição tem as características de um escoamento tampão, ou seja tem velocidade aproximadamente uniforme em toda a secção). Considerou-se que a dimensão da conduta é suficientemente grande para que a velocidade medida corresponda a uma média da velocidade na área sobre a qual se aplica, incluindo as obstruções ao escoamento constituídas pelas malhas da rede de protecção da abertura (ver Figura 23). Assim, para a exactidão requerida, não é necessária a determinação da área útil da abertura de exaustão, bastando

Nas figuras seguintes representa-se base da escada rolante atravessando o tecto de compartimento técnico (Figura 24 e ponto 2c das conclusões - secção 7), compartimentação corta-fogo incompleta (Figura 25 e ponto 2d das conclusões - secção 7), porta de homem com abertura impedida (Figura 26 e ponto 2f das conclusões - secção 7) e interruptores de corte local expostos (Figura 27 e ponto 2h das conclusões - secção 7).



Figura 23 – Medição da velocidade na exaustão



Figura 24 – Base da escada rolante atravessando o tecto de compartimento técnico



Figura 25 – Compartimentação corta-fogo incompleta



Figura 26 – Porta de homem com abertura impedida

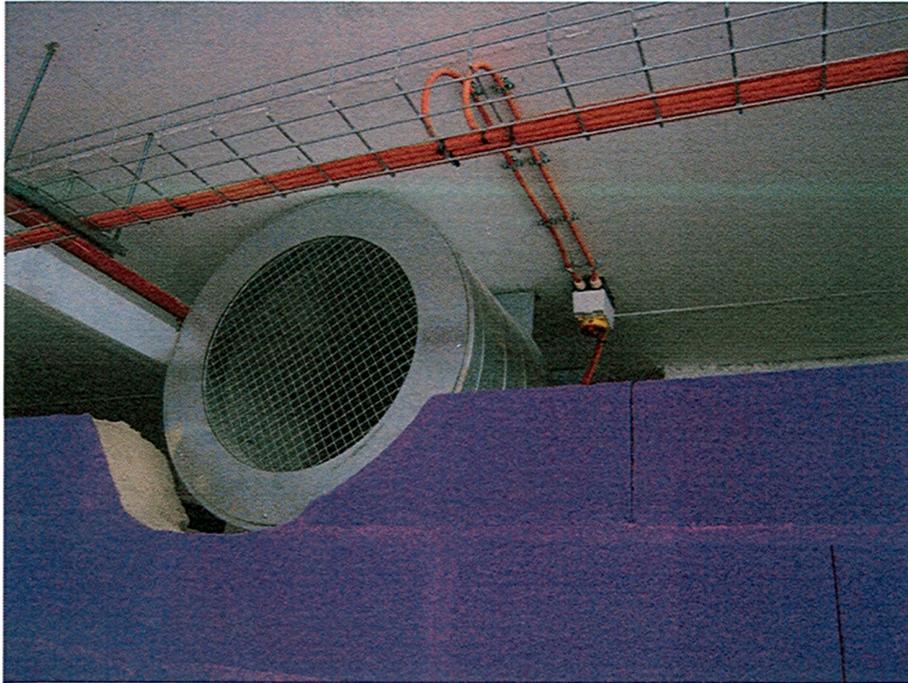


Figura 27 – Interruptores de corte local expostos

6.16 Ensaio de detecção de excesso de CO

Foram efectuados ensaios de detecção de CO nas zonas -2.2 e -2.4. As observações resultantes dos ensaios e as conclusões estão referidas no ponto 16 da secção 7.

6.17 Verificação das condições de controlo de fumo nos caminhos de evacuação

Foi medida a diferença de pressão entre os caminhos de evacuação enclausurados e o piso do parque. As diferenças de pressão medidas, bem como a velocidade do escoamento quando a porta de comunicação se encontra aberta, estão referidas no ponto 19 da secção 7 deste relatório.

7 CONCLUSÕES DOS ENSAIOS

As conclusões relativas ao parque de estacionamento coberto do Centro Comercial Água Portimão foram enviadas antecipadamente à entidade contratante pelo fax n.º 76 do Departamento de Edifícios do LNEC em 2010-04-05. O respectivo texto é transcrito seguidamente.

“No decurso da visita e dos ensaios realizados no parque de estacionamento coberto em epígrafe foi possível constatar o seguinte:

1. No decurso da análise documental tinha-se identificado que existiam elementos cuja evidência de resistência ao fogo não tinha sido efectuada. Durante a visita a que este parecer reporta foi entregue ao LNEC um dossiê com os elementos relevantes para a comprovação da resistência ao fogo de alguns produtos que estavam em falta. Estes documentos encontram-se listados no Quadro IV. Chama-se a atenção para a necessidade de serem obtidas cópias dos certificados ou Boletins de Ensaio relativamente aos produtos que ainda estão em falta, conforme identificado nas notas do Quadro IV.

Quadro IV – Documentação de comprovação do desempenho ao fogo

Componente	Marca e modelo	Laboratório	Identificação do documento	Data
Ventiladores de exaustão	Novenco ACN	Institut fur Baustoffe, Massivbau und Branschutzz	EC-Certificate of Conformity N.º 0761-CPD-0126	2010-02-01
Ventiladores de impulso	Novenco AUO 380 ARO 380	Institut fur Baustoffe, Massivbau und Branschutzz	EC-Certificate of Conformity N.º 0761-CPD-0134	2010-02-08
Ventiladores de transferência	Novenco ACN 500	Institut fur Baustoffe, Massivbau und Branschutzz	EC-Certificate of Conformity N.º 0761-CPD-0126	2010-02-01
Registos corta-fogo de conduta	FRANCE AIR Ref 500 AXO Micro Ref 500 AXO EVO	AFNOR	Certificado de ensaio N.º 01/23.03	2010-04-01
	TROX FK-TA EN-FKS-TA FKR-TA FKRS-TA	Repartição do Governo Regional de Viena Departamento de Certificação para Produtos da Construção	Certificate of Conformity N.º Z-14.3.1-03-2887	2004-03-10
Registos corta-fogo dos ventiladores de exaustão	ACTION AIR HOT SHIELD PTC	BRE GLOBAL Loss Prevention Certification Board	Accionamento com o Certificado de ensaio N.º 221067A	1)

¹ Estes dados foram transcritos dos documentos fornecidos pela entidade contratante e, embora tenha dados relevantes para comprovação das suas características, na maioria dos casos, salienta-se que estes documentos não são os certificados/boletins de ensaio emitidos por entidades oficiais.

Quadro IV – Documentação de comprovação do desempenho ao fogo (continuação)

Componente	Marca e modelo	Laboratório	Identificação do documento	Data
Registos corta-fogo de transferência	ACTION AIR FIRE SHIELD	BRE GLOBAL Loss Prevention Certification Board	Certificado de ensaio N.º 220895 Certificado de ensaio N.º 212065	2
Cabos eléctricos	MIGUELEZ AFIREFENIX SZ1-K	AENOR	Certificado AENOR de Produto N.º 042/000967	2009-03-17
Revestimento de tecto	PLADUR Metal 106/400(46) LM WA-13	O documento fornecido trata-se de uma declaração emitida pelo instalador onde é evidenciada a resistência ao fogo dos elementos fornecidos, sendo omissa quanto ao Laboratório de ensaio e ao documento que fundamenta essa declaração por parte da firma. ³		
Interruptores de corte local	FRANCEAIR	BSI Product Services	EC-Certificate of Conformity N.º 0086-CPD-474878	4)
Cortinas pára-chamas	COLT Smokemaster SM	MPA STUTTGART OTTO –GRAF INSTITUT	EC-Certificate of Conformity N.º 0672-CPD-0144	2006-09-26
Portas corta-fogo pivotantes de duas folhas	PORSEG P2/60	CIDEMCO	Certificado de ensaio N.º 19625	2008-11-21
	FICHET P1M2	CSTB	Certificado de ensaio N.º 86.23447 Recondução 02/3	2002-03-25
	MBB SISTEMA 2000	AFITI	Certificado de ensaio N.º 6591/04-6-C1	2005-04-15
Portão corta-fogo de correr	LUTERMAX C16	CTICM	Certificado de ensaio N.º 95-A-006 Recondução 00/01	2000-07-12
Portão corta-fogo de enrolar	CUBELLS IGNISTOP	APPLUS/LGAI	Certificado de ensaio N.º 10/1300-322S	2010-02-18
Portas corta-fogo pivotantes de uma folha	PORSEG P1/60	CIDEMCO	Certificado de ensaio N.º 18253-18297	2008-03-07
Aros de Caixilharia	MBB BK Form	MPA-NRW	Certificado de Ensaio N.º P-120001317-30	2009-01-16
Selagens corta-fogo CF 60 e CF 120		Não foram remetidos documentos comprovativos do seu desempenho ao fogo.		
Revestimento de condutas		Não foram remetidos documentos comprovativos do seu desempenho ao fogo.		
Grelhas intumescentes		Não foram remetidos documentos comprovativos do seu desempenho ao fogo.		

2. Na sequência da observação das condições de instalação do sistema de ventilação e de controlo de fumo efectuada foram identificados os seguintes aspectos que carecem de melhoria ou de correcção:

- a. Existe um corredor entre a câmara corta-fogo e a via vertical de evacuação 8 que não está dotado de sistema de controlo de fumo. A inexistência de um

² Estes dados foram transcritos dos documentos fornecidos pela entidade contratante e, embora tenha dados relevantes para comprovação das suas características, na maioria dos casos, salienta-se que estes documentos não são os certificados/boletins de ensaio emitidos por entidades oficiais.

³ De acordo com o art.º 10.º do Decreto-Lei 66/95, de 8 de Abril, “os revestimentos de tecto e de parede dos parques devem ter classe de reacção ao fogo não superior a M0”.

⁴ Foi enviada uma declaração de conformidade do construtor onde este declara que os produtos foram ensaiados, que os resultados estão conformes com as normas e que podem ser incorporados numa máquina de modo a constituir uma máquina integral. Contudo existe reserva quanto à instalação e utilização no mesmo, que tem a ver com o facto da maioria dos ensaios que são realizados aos ventiladores não contemplarem a situação de fumo quente pelo exterior. Salienta-se ainda que o certificado enviado não está completo.

sistema de controlo de fumo nesse espaço implica que o fumo que eventualmente escoar para lá não terá possibilidade de ser escoado para o exterior, se o sistema de controlo de fumo for baseado na técnica de varrimento. Por outro lado, uma vez que este espaço não está pressurizado, não existe um gradiente de pressão (com as portas fechadas) ou velocidade do escoamento (com as portas abertas) que se oponha ao escoamento do fumo da câmara corta-fogo para este corredor. **Este corredor deve ser protegido contra o escoamento do fumo a partir da câmara corta-fogo.** Do ponto de vista estritamente do sistema de controlo de fumo este aspecto pode ser melhorado pondo em comunicação a caixa de escada com este corredor através de uma abertura de forma que a pressurização seja comum.

- b. Observou-se a existência de pressostatos de controlo da pressurização das vias verticais de evacuação, ou dos seus cabos de transmissão de sinal, expostos a um eventual incêndio que ocorra no parque de estacionamento coberto. Nestas circunstâncias o incêndio pode causar o mau funcionamento ou a perda do pressostato ou o corte de comunicação entre este e o sistema de controlo do sistema de pressurização da caixa de escada. Dado que esta fragilidade pode pôr em causa o adequado funcionamento do sistema de controlo de fumo nos caminhos de evacuação verticais, os ensaios destes sistemas foram conduzidos de forma a verificar se podem ser dispensados esses pressostatos. Este aspecto é tratado no ponto 19 deste parecer.
- c. Verificou-se que a parte inferior do tapete rolante atravessa a laje de tecto do compartimento que aloja o quadro eléctrico da zona de detecção de incêndio -1.4. Neste sentido, um eventual incêndio que ocorra no tapete rolante pode danificar o quadro eléctrico e assim impedir o funcionamento do sistema de controlo de fumo do parque de estacionamento coberto, caso seja necessária a sua activação neste cenário de incêndio. Recordar-se que o art.º 50.º do Regulamento de Segurança contra Incêndio em Parques de Estacionamento Cobertos impõe que os compartimentos destinados a serviços técnicos sejam delimitados por compartimentação resistente ao fogo. Neste sentido, **deve ser criado um elemento com a resistência ao fogo adequada que assegure o isolamento deste compartimento relativamente à escada rolante.**

- d. Verificou-se que a base de um tapete rolante impediu que fosse concluída a compartimentação corta-fogo entre as zonas de detecção de incêndio -1.2 e -1.3 acima do portão corta-fogo central. **Esta compartimentação corta-fogo deve ser concluída.**
- e. Verificou-se no decurso dos ensaios que existem vários portões resistentes ao fogo que carecem ainda de afinação, não fechando completamente aquando da detecção de incêndio. Nestas condições, não só é possível ocorrer propagação de incêndio para os compartimentos adjacentes, como a admissão de ar por essas aberturas pode alterar significativamente o funcionamento do sistema de controlo de fumo na zona sinistrada, podendo não ter um desempenho satisfatório. **Os portões devem ser todos afinados e verificado o seu adequado funcionamento; para além disso deve ser realizada a sua manutenção de forma a ser possível assegurar o seu adequado funcionamento em situação de incêndio.**
- f. Verificou-se que o portão corta-fogo que faz a separação entre as zonas -1.2 e -1.3 do lado Sul tem a abertura da sua porta de homem (quando o portão está encerrado) impedida devido ao elemento de separação de vias de tráfego. **Este elemento de separação deve ser eliminado na zona varrida pela abertura da folha da porta.**
- g. **As guias das cortinas resistentes ao fumo devem ser dotadas de protecções mecânicas bem visíveis que impeçam o choque de veículos.** As acções provocadas por estes choques nas guias deformam-nas e, nessas condições, é impedido o fecho completo das cortinas.
- h. Observou-se que os interruptores de corte local dos ventiladores de transferência estão expostos ao fumo de um eventual incêndio que possa ocorrer e, se estes elementos não estiverem projectados para este fim, ao serem danificados podem interromper a alimentação dos ventiladores. Foi remetido ao LNEC uma declaração do fabricante mencionando que este produto foi ensaiado, que os resultados estão conformes com as normas e que pode ser incorporado numa máquina de modo a constituir uma máquina integral, tal como mencionado no Quadro IV. Contudo, reserva quanto à instalação e utilização no mesmo, que tem a ver com o facto da maioria dos

ensaios que são realizados aos ventiladores não contemplam a situação de fumo quente pelo exterior. Sem o levantamento dessa reserva não é claro que estes interruptores tenham o desempenho adequado.

- i. Verificou-se que existe um caminho de evacuação do piso -1 que tem uma antecâmara sem meios de controlo de fumo na sua comunicação com o exterior. Dado que este caminho de evacuação comunica directamente com o exterior, não é requerida a existência de uma câmara corta-fogo. No caso de existir uma situação de incêndio, a retenção de fumo nesta antecâmara sem controlo de fumo pode dificultar ou mesmo impedir a evacuação dos ocupantes para o exterior. Nestas circunstâncias **considera-se ser preferível a eliminação da porta intermédia, tornando este espaço exterior** (a fachada exterior tem extensas áreas de grelhas que tornam este espaço exterior, sendo a porta exterior que limita este espaço também em grelha).
 - j. Foi observada uma câmara corta-fogo de um caminho de evacuação do piso -1 do parque de estacionamento na qual a insuflação de ar novo se encontrava na parte superior. Se existir fumo na câmara corta-fogo, a insuflação de ar novo na parte superior incrementa o caudal de fumo e não contribui para a necessária criação de uma camada de ar novo na parte inferior do espaço. Assim, **esta solução é inadequada para efeitos de controlo de fumo, sendo necessário posicionar esta abertura de insuflação de ar novo na base da câmara corta-fogo.**
 - k. Verificou-se que o caminho vertical de evacuação que serve simultaneamente o parque de estacionamento coberto e o cais de carga e descarga não está protegido com câmara corta-fogo no acesso ao cais de carga e descarga. Nestas circunstâncias, pode ocorrer mais facilmente o escoamento de fumo originado num eventual incêndio no cais de carga e descarga para o caminho vertical de evacuação. **Considera-se necessário que este acesso ao caminho de evacuação vertical seja protegido por câmara corta-fogo.**
3. Foi enviado ao LNEC o resultado da medição dos caudais de exaustão dos ventiladores que servem os pisos do parque de estacionamento coberto. Foram aleatoriamente seleccionados alguns conjuntos de ventiladores e foram medidos os seus caudais pelo LNEC, tendo em vista evidenciar se os caudais tinham sido

adequadamente medidos pelo instalador. Estes caudais foram medidos na capacidade máxima dos ventiladores e nas grelhas do piso mais distante aos ventiladores. Os resultados obtidos foram os indicados no Quadro V. Verifica-se que os valores medidos pela firma instaladora se enquadram numa gama de valores entre 19% abaixo dos valores medidos pelo LNEC e 16 % acima destes. Se se admitir que as restantes medições não verificadas pelo LNEC têm os seus resultados 16% (valor extremo mais desfavorável do intervalo) acima do valor real, verifica-se que ainda assim todos os valores resultantes são superiores aos especificados em projecto. Considera-se assim que os caudais de exaustão são iguais ou superiores aos especificados em projecto.

Quadro V – Caudais de exaustão

Designação do ventilador	Caudais [m³/h]		
	Projecto	Instalador	LNEC
VED -1.1.1 A/B	120 000	162 800	-
VED -1.1.2 A/B/C	150 000	157 700	140 400
VED -1.1.3 A/B/C	150 000	168 100	156 600
VED -1.2.1 A/B	120 000	140 000	-
VED -1.2.2 A/B	120 000	152 900	-
VED -1.2.3 A/B	120 000	130 000	150 900
VED -1.3.1 A/B	90 000	112 100	96 400
VED -1.3.2 A/B	90 000	96 900	118 900
VED -1.3.3 A/B	90 000	111 200	-
VED -1.4.1 A/B	120 000	170 000	-
VED -1.4.1 A/B	120 000	164 100	-

4. O ensaio das zonas -1.1, -1.4, -2.3 e -3.1B foi realizado através da activação do sistema de controlo de fumo com detecção de fumo. Verificou-se que o seu funcionamento é adequado, pelo que não foram propostas quaisquer alterações à matriz de comando prevista pelo projectista.
5. No que respeita à ocorrência de detecção de incêndio na zona -1.2 deve referir-se o seguinte:
 - a. O accionamento da ventilação e de outros elementos relevantes para o desempenho do sistema de controlo de fumo foi efectuado automaticamente com detecção de fumo.

- b. Foram realizados os ensaios com a matriz de comando proposta pelo projectista.
 - c. No decurso deste ensaio verificou-se ser necessário desactivar o ventilador de impulso VTI -1.2.2.
 - d. Considera-se que o desempenho do sistema de controlo de fumo nesta zona será adequado desde que seja desactivado o ventilador de impulso referido.
6. No que respeita à ocorrência de detecção de incêndio na zona -1.3 deve referir-se o seguinte:
- a. O accionamento da ventilação e de outros elementos relevantes para o desempenho do sistema de controlo de fumo foi efectuado automaticamente com detecção de fumo.
 - b. Foram realizados os ensaios com a matriz de comando proposta pelo projectista.
 - c. Verificou-se que o conjunto de ventiladores de insuflação activos mantinha a zona sinistrada inadequadamente em pressão positiva. Para manter a zona sinistrada em depressão, foi reduzida a velocidade dos ventiladores de insuflação VI -1.3.1 A/B/C.
 - d. Verificou-se que a existência de vãos abertos para outros pisos e para o exterior na proximidade dos ventiladores de exaustão pode degradar o desempenho do sistema de controlo de fumo uma vez que, tendencialmente, uma parte do caudal de exaustão é captado directamente a partir desses vãos, resultando daí um menor caudal de varrimento do piso sinistrado. Para evitar essa degradação do desempenho, devem ser encerradas as cortinas resistentes ao fumo BF -1.1 e BF -2.4.
 - e. Verificou-se ser necessário, para a melhoria do desempenho do sistema de controlo de fumo, manter aberto o portão corta-fogo que faz a separação entre as zonas -1.2 e -1.3 do lado Sul. Note-se que nesta zona a distância entre lugares de estacionamento é superior a 25 m, não sendo expectável a ocorrência fácil de propagação de incêndio por esta via enquanto o sistema de controlo de fumo se mantiver em funcionamento, uma vez que o sentido do escoamento mantém o fumo no interior da zona sinistrada.

- f. Uma vez implementadas as alterações referidas, considera-se que o desempenho do sistema de controlo de fumo nesta zona será adequado.
7. No que respeita à ocorrência de detecção de incêndio na zona -2.1 deve referir-se o seguinte:
- a. O accionamento da ventilação e de outros elementos relevantes para o desempenho do sistema de controlo de fumo foi efectuado automaticamente com detecção de fumo.
 - b. Foram realizados os ensaios com a matriz de comando proposta pelo projectista.
 - c. No decurso deste ensaio verificou-se que o ventilador de impulso VTI -2.1.6 estava inactivo, por avaria.
 - d. Os resultados deste ensaio evidenciam que o desempenho do sistema de controlo de fumo nesta zona será adequado desde que o ventilador de impulso VTI -2.1.6 esteja em funcionamento.
8. No que respeita à ocorrência de detecção de incêndio na zona -2.2 deve referir-se o seguinte:
- a. O accionamento da ventilação e de outros elementos relevantes para o desempenho do sistema de controlo de fumo foi efectuado automaticamente com detecção de fumo.
 - b. Foram realizados os ensaios com a matriz de comando proposta pelo projectista.
 - c. Verificou-se que o conjunto de ventiladores de insuflação activos mantinha a zona sinistrada inadequadamente em pressão positiva.
 - d. Para manter a zona sinistrada em depressão, foram desactivados os ventiladores de insuflação VI -1.1.3 A/B, VI -1.2.1 A/B, VI -1.2.4 A/B e VI -1.3.2 A/B.
 - e. Uma vez implementadas as alterações referidas, considera-se que o desempenho do sistema de controlo de fumo nesta zona será adequado.
9. No que respeita à ocorrência de detecção de incêndio na zona -2.4 deve referir-se o seguinte:

- a. O accionamento da ventilação e de outros elementos relevantes para o desempenho do sistema de controlo de fumo foi efectuado automaticamente com detecção de fumo.
 - b. Foram realizados os ensaios com a matriz de comando proposta pelo projectista.
 - c. Verificou-se que o conjunto de ventiladores de insuflação activos mantinha a zona sinistrada inadequadamente em pressão positiva.
 - d. Para manter a zona sinistrada em depressão, foram desactivados os ventiladores de insuflação VI -1.4.2 A/B.
 - e. Uma vez implementadas as alterações referidas, considera-se que o desempenho do sistema de controlo de fumo nesta zona será adequado.
10. No que respeita à ocorrência de detecção de incêndio na zona -3.1A deve referir-se o seguinte:
- a. O accionamento da ventilação e de outros elementos relevantes para o desempenho do sistema de controlo de fumo foi efectuado automaticamente com detecção de fumo.
 - b. Foram realizados os ensaios com a matriz de comando proposta pelo projectista.
 - c. Verificou-se ser necessário fechar os registos RD -3.1.22 e activar os ventiladores de impulso VTI -3.1.3, VTI -3.1.4, VTI -3.1.5 e VTI -3.1.6 na sua velocidade mínima.
 - d. Uma vez implementadas as alterações referidas, considera-se que o desempenho do sistema de controlo de fumo nesta zona será adequado.
11. No que respeita à ocorrência de detecção de incêndio na zona -3.1C deve referir-se o seguinte:
- a. O accionamento da ventilação e de outros elementos relevantes para o desempenho do sistema de controlo de fumo foi efectuado automaticamente com detecção de fumo.
 - b. Foram realizados os ensaios com a matriz de comando proposta pelo projectista.

- c. Verificou-se que o conjunto de ventiladores de insuflação activos mantinha a zona sinistrada inadequadamente em pressão positiva e que é mais viável promover a restrição do fumo que eventualmente escoe para a zona -3.1A adoptando o esquema de insuflação de ar novo previsto quando a detecção de incêndio ocorre nessa zona.
 - d. Nesse sentido, foram fechados os registos RD -3.1.22 e foram desactivados os ventiladores de insuflação VI -1.3.2 A/B e VI -1.3.3 A/B.
 - e. No decurso deste ensaio verificou-se que a detecção subsequente de fumo nas restantes zonas -3.1A e -3.1B resultava em alterações indesejáveis na matriz de comando. Foi decidido proceder-se à activação dos ventiladores por sobreposição dos vários estados, o que neste caso é compatível com a estratégia de controlo de fumo. Este aspecto foi avaliado após a sua implementação e foi considerado adequado.
 - f. Uma vez implementadas as alterações referidas, considera-se que o desempenho do sistema de controlo de fumo nesta zona será adequado.
12. No que respeita à ocorrência de detecção de incêndio na zona -3.2A deve referir-se o seguinte:
- a. O accionamento da ventilação e de outros elementos relevantes para o desempenho do sistema de controlo de fumo foi efectuado automaticamente com detecção de fumo.
 - b. Foram realizados os ensaios com a matriz de comando proposta pelo projectista.
 - c. No decurso deste ensaio confirmou-se que a detecção subsequente de fumo na restante zona -3.2B não conduz a estados de funcionamento que degradem o desempenho do sistema de controlo de fumo.
 - d. Considera-se que o desempenho do sistema de controlo de fumo nesta zona é adequado.
13. No que respeita à ocorrência de detecção de incêndio na zona -3.2B deve referir-se o seguinte:

- a. O accionamento da ventilação e de outros elementos relevantes para o desempenho do sistema de controlo de fumo foi efectuado automaticamente com detecção de fumo.
 - b. Foram realizados os ensaios com a matriz de comando proposta pelo projectista.
 - c. No decurso deste ensaio confirmou-se que a detecção subsequente de fumo na restante zona -3.2A não conduz a estados de funcionamento que degradem o desempenho do sistema de controlo de fumo.
 - d. Considera-se que o desempenho do sistema de controlo de fumo nesta zona é adequado.
14. No decurso dos ensaios verificou-se que os ventiladores de impulso eram activados num curto espaço de tempo após ocorrer a detecção de incêndio. Dado que o funcionamento dos ventiladores de impulso tende a destruir a estratificação térmica a jusante do local do incêndio, a sua activação imediatamente após o alarme pode não permitir que eventuais ocupantes que se encontrem nessa zona possam atingir os caminhos de evacuação antes de serem envolvidos pelo fumo. Para que esta situação seja evitada, recomenda-se que todos os elementos do sistema de controlo de fumo sejam activados o mais rapidamente possível após o alarme de incêndio, excepto os ventiladores de impulso, que só devem ser activados após um período de tempo destinado à evacuação dos ocupantes. Recomenda-se que esse atraso na activação dos ventiladores de impulso se situe entre 2 a 3 minutos após o alarme de incêndio. Durante os ensaios, este aspecto foi corrigido como exemplo, através da introdução de uma temporização de arranque, na zona de detecção de incêndio -1.4, tendo sido verificado que a sequência de arranque dos meios de controlo de fumo era adequada. **No decurso dos ensaios não foi possível proceder à introdução desta alteração no arranque dos meios de controlo de fumo nas restantes zonas, pelo que este aspecto não foi verificado.**
15. Em situação de incêndio, as portas automáticas de acesso aos tapetes rolantes devem ficar fechadas impedindo o escoamento de fumo do piso sinistrado do parque de estacionamento coberto para outros pisos; todavia, os ocupantes que eventualmente possam estar na câmara de resguardo entre o parque e as escadas rolantes devem poder evacuar desse espaço, por exemplo através dos tapetes

rolantes. Os ocupantes que se encontrem nos átrios dos elevadores devem ter possibilidade de evacuar através do próprio parque de estacionamento, uma vez que os elevadores ficam desabilitados em situação de incêndio. Recorda-se que os tapetes rolantes não estão definidos como caminhos de evacuação do parque de estacionamento coberto, pelo que os ocupantes do piso sinistrado do parque de estacionamento devem procurar os respectivos caminhos de evacuação. Deve ser prevista a orientação dos ocupantes nesse sentido.

16. Foram realizados ensaios à detecção de excesso de CO, tendo sido aleatoriamente escolhidas as zonas -2.2 e -2.4. Para estes ensaios foram utilizadas garrafas de CO do instalador com concentrações de 97 ppm e de 294 ppm. Verificou-se em ambas as zonas que o sistema de ventilação arrancou com a detecção de CO. No caso da zona -2.4 a detecção de um valor superior a 200 ppm não activou a sinalética óptico-acústica para evacuação dos ocupantes do parque de estacionamento coberto, embora esta tenha sido activada aquando da detecção de um valor superior a 200 ppm na zona -2.2. **É necessário que a ligação do sistema de detecção de CO aos restantes sistemas da segurança do parque de estacionamento seja revista de forma a assegurar a activação da sinalética óptico-acústica para evacuação dos ocupantes sempre que necessário.**
17. Considera-se que o esquema proposto para o funcionamento da ventilação corrente, quando a fracção molar excede 50 ppm, tem potencial para repor com a necessária rapidez a fracção molar do CO em níveis inferiores a 50 ppm, compatíveis com a permanência de ocupantes durante 8 horas diárias nesse ambiente.
18. Considera-se que o esquema proposto para o funcionamento da ventilação corrente, quando a fracção molar excede 100 ppm, tem potencial para repor com a necessária rapidez a fracção molar do CO em níveis inferiores a 100 ppm, compatíveis com a exposição dos ocupantes durante 20 minutos a esse ambiente.
19. No decurso desta visita foram avaliados os sistemas de pressurização dos caminhos de evacuação verticais do parque de estacionamento coberto. Estes ensaios consistiram na medição da diferença de pressão estabelecida pelo sistema de pressurização entre a caixa de escada e o parque de estacionamento, bem como na medição da velocidade do escoamento através de uma porta aberta da caixa de escada (para assegurar o escoamento também tem de estar aberta a porta

correspondente da câmara corta-fogo). Os resultados obtidos foram os indicados no Quadro VI.

- a. As exigências regulamentares estabelecem que a diferença de pressão deve estar compreendida entre 20 Pa e 80 Pa, devendo ser tido em conta que a velocidade média do escoamento não deve ser inferior a 0,5 m/s (art.º 16.º do Regulamento de Segurança contra Incêndio em Parques de Estacionamento Cobertos).
 - b. Verifica-se que as condições de funcionamento dos sistemas de pressurização dos caminhos verticais de evacuação analisados são adequadas, excepto nas escadas 8 e 11 nas quais as diferenças de pressão são insuficientes.
 - c. Dada a impossibilidade de ser assegurado que os pressostatos de controlo da pressão e os respectivos cabos de sinal não são afectados numa situação de incêndio (ver alínea 2.b), os ensaios foram realizados com os variadores de velocidade dos ventiladores de pressurização na frequência de 50 Hz, não havendo qualquer variação de velocidade dos ventiladores quando se abria ou fechava a porta. Para se obterem estes resultados de pressão e de velocidade foi apenas necessário ajustar os variadores de velocidade para a frequência de 40 Hz nas escadas 12 e 13. **Para assegurar o adequado funcionamento dos sistemas de pressurização das caixas de escada é necessário que sejam retirados definitivamente os pressostatos do circuito de controlo desses ventiladores.**
20. No que diz respeito ao controlo do fumo, o sistema tem o inconveniente de destruir a estratificação do fumo, mas evidenciou potencial para confinar o seu escoamento a uma zona restrita do parque (nas condições indicadas nas alíneas anteriores) e para reduzir a sua temperatura, contribuindo assim para o prolongamento das condições de sobrevivência no interior do parque, para a redução da possibilidade de propagação do incêndio, para a redução da acção do calor sobre a estrutura do edifício e para a melhoria das condições de ataque ao incêndio pelos bombeiros. Os resultados dos ensaios indicam que o sistema de controlo de fumo do parque de estacionamento coberto tem um desempenho adequado desde que sejam concluídas as alterações pendentes.

Quadro VI – Pressurização das caixas de escada

Designação da escada	Diferença de pressão [Pa]	Velocidade do escoamento [m/s]
1	32	1,21
2	53	1,31
3	42	0,82
4	75	1,26
5	64	1,07
6	48	1,04
7	52	1,37
8	15	1,06
11	15	0,79
12	67	1,62
13	63	1,50

Salientam-se ainda os seguintes aspectos:

21. A evacuação dos ocupantes deve ser feita no sentido contrário ao escoamento do fumo ou perpendicularmente a este (quando for esta a melhor condição para sair do seu fluxo) e sempre em direcção à saída de evacuação mais próxima.
22. A intervenção dos bombeiros deve ser realizada sempre a partir da zona de detecção não-sinistrada do piso, o que implica que o Plano de Emergência preveja a coordenação entre os elementos da segurança do Centro Comercial e os bombeiros de forma a ser, em caso de incêndio, transmitida rapidamente e com exactidão a informação sobre a localização do foco de incêndio e quais os caminhos adequados para a intervenção dos bombeiros.

No que respeita à possibilidade de dispensa da compartimentação corta-fogo no interior de cada piso, tal como está especificado no artº 9º do Regulamento de Segurança contra Incêndio em Parques de Estacionamento Cobertos (Decreto-Lei 66/95), considera-se que poderá ser realizada nas seguintes condições:

- a. desde que o sistema de controlo de fumo tenha condições para limitar o escoamento no interior do parque de estacionamento a zonas relativamente restritas de forma a possibilitar a evacuação dos ocupantes e a facilitar a intervenção dos bombeiros, substituindo-se assim à compartimentação resistente ao fumo na sua função de limitação do escoamento; a satisfação deste aspecto foi avaliada no decurso dos ensaios do sistema de controlo de fumo para os pisos de estacionamento e considerada adequada;

- b. desde que seja possível assegurar que o funcionamento da ventilação tem a mesma fiabilidade esperada para a compartimentação; considera-se que este aspecto poderá ser evidenciado através da apresentação de um plano de manutenção adequado;
- c. desde que o tempo necessário para a intervenção dos bombeiros seja pequeno, a ventilação de controlo de fumo permitirá uma aproximação ao foco de incêndio em condições de boa visibilidade assegurando uma maior eficácia no combate ao incêndio; nestas condições a compartimentação não será necessária para assegurar a sua função de limitação da propagação do incêndio uma vez que o incêndio será rapidamente extinto.

No presente estudo o LNEC avaliou as condições de instalação e de controlo que devem ser implementadas no sistema de ventilação e de controlo de fumo deste parque de estacionamento para que o seu desempenho seja satisfatório. Deverá ser assegurado que as condições de operacionalidade do sistema, nos termos referidos nestas conclusões, são mantidas ao longo da vida útil desta edificação.

Recorda-se que, embora se enquadre no âmbito das atribuições conferidas ao LNEC a emissão de um parecer de viabilidade de utilização destes sistemas inovadores, é da responsabilidade da entidade licenciadora do parque de estacionamento a decisão final sobre a aceitação, ou recusa, deste processo de controlo de fumo.”

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Abril de 2011

VISTOS

O Director do Departamento de
Edifícios



Jorge M. Grandão Lopes

AUTORIA



Hildebrando Cruz
Engenheiro Mecânico
Bolseiro de Doutoramento



João Carlos Viegas
Investigador Principal
Chefe do Núcleo de Acústica, Iluminação,
Componentes e Instalações

BIBLIOGRAFIA

1. *Regulamento de segurança contra incêndios em parques de estacionamento cobertos.* Decreto-Lei n° 66/95, Diário da República (1995-04-08).
2. CRUZ, H. J.; Viegas, J. C. – *Apreciação preliminar do projecto do sistema de controlo de fumo do parque de estacionamento coberto do Centro Comercial Áqua Portimão.* Proc.º 0809/01/18124. Lisboa: LNEC, Março de 2011. Relatório 73/2011 – NAICI.
3. VIEGAS, João Carlos; SARAIVA, Jorge Gil – *CFD Study of smoke control inside enclosed car parking.* Interflam 2001, 9th International Fire Science & Engineering Conference. Edinburgh: Interscience communications, Setembro de 2001.
4. VIEGAS, João Carlos; SARAIVA, Jorge Gil – *Avaliação com recurso a CFD da aplicação de ventiladores de impulso a parques de estacionamento cobertos.* V Congreso de Metodos Numericos en Ingenieria. Madrid: SEMNI, Junho de 2002.
5. VIEGAS, João Carlos – *Utilização de ventilação de impulso em parques de estacionamento cobertos.* Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2008. Série Teses e Programas de Investigação, 55.
6. CEN/TR 12101-5:2005 - *Smoke and heat control systems - Part 5: Guidelines on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems.* Bruxelas: Comité Européen de Normalisation, 2005.

